الجديد في العلوم الفيزيائية

السنة الثالثة من التعليم الثانوي

علوم تجريبية - رياضيات - تقني رياضي

الجزء 2

تطور الجمل الفيزيائية



الإنشطار

والإندماج

النوويين



تطبيقات نموذجية

تطبيق 1 المقارنة بين الطاقة النووية والطاقة الكيميائية

يحترق الفحم الطبيعي حسب المعادلة التالية:

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 4000000 \quad (J)$$

1- احسب الطاقة الناشئة عن تحول $1\,g$ من المادة إلى طاقة. قارن بين طاقتي الاحتراق والتحول.

2- احسب مقدار الفحم الواجب احتراقه للحصول على نفس الطاقة الناشئة عن التحول.

✓ الحل :

1) حسب مبدأ التكافؤ (كتلة- طاقة) يكون:

$$E = \Delta m \,.\, C^2 = 10^{-3} \times (3\times10^8)^2 = 9\times10^{13}\ J$$

و لدينا $E_1 = 4\times10^6\ J$ طاقة الاحتراق لمول واحد من الفحم $(12\,g)$

$E_2 = 9\times10^{13}\ J$ طاقة تحول $1\,g$ من المادة.

إذن $\dfrac{E_2}{E_1} = \dfrac{9\times10^{13}}{4\times10^6} = 2{,}25\times10^7$

إذن $E_2 \rangle E_1$ بـ 22 مليون و نصف مرة.

2) $4\times10^6\ J \longrightarrow 12\,g$ من الفحم

$9\times10^{13}\ J \longrightarrow m$

إذن $m = \dfrac{9\times10^{13}\times12}{4\times10^6} = 270\times10^6\ g = 270\,T$

فتحول مقدار $1\,g$ من المادة فقط إلى طاقة يكافئ الطاقة الناشئة عن احتراق $270\,T$ من الفحم.

تطبيق 2 حساب الطاقة الحرارية الناشئة عن تفاعل نووي اصطناعي

تقذف نواة الآزوت $^{14}_{7}N$ بنيترون فيتشكل النظير $^{14}_{6}C$ مع انطلاق جسيم (b).

1- اكتب معادلة التفاعل الحادث مستنتجا طبيعة الجسيم المنبعث.

2- احسب الطاقة المتحررة عن تفاعل مول واحد من النكليد $^{14}_{7}N$ أثناء هذا التفاعل. عبر عن النتيجة بوحدة الجول، ثم بوحدة MeV.

يعطى ما يلي: $^{14}_{7}N = 14{,}00307\,u$ ، $^{14}_{6}C = 14{,}00324\,u$ ، $^{1}_{1}H = 1{,}00783\,u$

$^{1}_{0}n = 1{,}00867\,u$ ، $C = 3\times10^8\ m/S$ ، $u \approx 1{,}66\times10^{-27}\ Kg$

✓ الحل :

1) معادلة التفاعل $^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{A}_{Z}b + ^{14}_{6}C$

يعطي قانونا الانحفاظ ما يلي:

$14+1 = A+14 \rightarrow A=1$

$7+0 = Z+6 \rightarrow Z=1$ فالجسيم المنبعث $^{1}_{1}a$ هو بروتون $^{1}_{1}H$.

2) حساب طاقة التفاعل $E = \Delta m . C^2$

$$\Delta m = [\, m(^{14}_{7}N) + m(^{1}_{0}n)\,] - [\, m(^{14}_{6}C) + m(^{1}_{1}H)\,]$$

$$= (14{,}00307 + 1{,}00867) - (14{,}00324 + 1{,}00783)$$

$$= 6{,}7 \times 10^{-4}\, u$$

$$= 6{,}7 \times 10^{-4} \times 1{,}66 \times 10^{-27} = 1{,}122 \times 10^{-30}\, Kg$$

- طاقة التفاعل الناشئة عن تحول ذرة واحدة:

$$E_1 = \Delta m . C^2$$

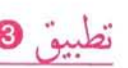
$$= 1{,}122 \times 10^{-30} \times (3 \times 10^8)^2 = 10{,}098 \times 10^{-14}\, J$$

- الطاقة الناشئة عن تحول مول من المادة:

$$E = N_A . E_1 = 6{,}02 \times 10^{23} \times 10{,}098 \times 10^{-14} = 6{,}099 \times 10^9\, J = 6{,}099\, G\, J$$

و حيث أن $1\, MeV = 1{,}60 \times 10^{-13}\, J$ يكون $E = \dfrac{6{,}099 \times 10^9}{1{,}60 \times 10^{-13}} = 3{,}8119 \times 10^{22}\, MeV$





تطبيق 3 الإشعاعات الاصطناعية β ، α الناشئة عن قذف نواة الآزوت بنيترون

1- يقذف نيترون في نواة ذرة الآزوت $^{14}_{7}N$ فتلتقطه.

ا) في الحالة الأولى تشع النواة الناتجة دقيقة α حسب المعادلة:

$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{A}_{Z}X$. بين هوية النكليد الناتج $^{A}_{Z}X$.

ب) في الحالة الثانية ينبعث بروتون $^{1}_{1}H$ من النواة الناتجة حسب المعادلة التالية:

$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{1}_{1}H + ^{A'}_{Z'}X$

- بين هوية النكليد $^{A'}_{Z'}X$.

إذا كان هذا النكليد يشع إشعاع β^- ، فاكتب معادلة التفاعل الحادث.

2- يقذف نيترون في نواة البور $^{10}_{5}B$ فتشع النواة المتحصل عليها دقيقة α متحولة إلى النواة $^{A}_{Z}Y$ حسب المعادلة $^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{A}_{Z}Y$

- بين هوية النكليد $^{A}_{Z}Y$ المتحصل عليه.

- احسب طاقة هذا التفاعل مقدرة بوحدة $M\, eV$.

يعطى: $^{10}_{5}B = 10{,}0161\, u$ ، $^{4}_{2}He = 4{,}0039\, u$ ، $^{1}_{0}n = 1{,}0090\, u$ ، $^{A}_{Z}Y = 7{,}0182\, u$

✓الحل :

1) أ) ${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$

حسب قانون انحفاظ الكتلة يكون $14+1 = A+4 \rightarrow A = 11$

حسب قانون انحفاظ الشحنة يكون $7+0 = Z+2 \rightarrow Z = 5$

فالنكليد الناتج هو ${}^{11}_{5}X$ و هو البور ${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{11}_{5}B$

ب) من المعادلة ${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{A'}_{Z'}X$

يكون $\begin{cases} 14+1 = A'+4 \\ Z'+1 = 0+7 \end{cases}$ ومنه نجد $\begin{cases} A' = 14 \\ Z' = 6 \end{cases}$

فالنكليد الناتج هو ${}^{14}_{6}C$ و يكون ${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{14}_{6}C$

النظير ${}^{14}_{6}C$ يشع إشعاع β^- فيكون ${}^{14}_{6}C \longrightarrow {}_{-1}^{0}e + {}^{A''}_{Z''}X$

إذن $A'' = 14$ ، $Z'' = 7$ فالنكليد الناتج هو الآزوت ${}^{14}_{7}N$

إذن ${}^{14}_{6}C \longrightarrow {}_{-1}^{0}e + {}^{14}_{7}N$

2) لدينا ${}^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}Y$

يكون $\begin{cases} 10+1 = A+4 \\ Z+2 = 0+7 \end{cases}$ ومنه $\begin{cases} A = 7 \\ Z = 3 \end{cases}$

فالنكليد المتحصل عليه هو الليثيوم ${}^{7}_{3}Li$ ؛ ${}^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{7}_{3}Li$

- النقص في الكتلة:

$$\Delta m = (10{,}0161 + 1{,}0090) - (4{,}0039 + 7{,}0182) = 0{,}0030\,u$$

$$= 0{,}0030 \times 1{,}67 \times 10^{-27} = 5 \times 10^{-30}\,Kg$$

ومنه نجد $E = \Delta m \, . C^2 = 5 \times 10^{-30} \times (3 \times 10^{8})^2 = 4{,}5 \times 10^{-13}\,J$

$E = \dfrac{4{,}5 \times 10^{-13}}{1{,}6 \times 10^{-19}} = 2{,}8 \times 10^{6}\,eV$ إذن $E = 2{,}8\,MeV$

تطبيق 4 — إشعاع نواة اليورانيوم طبيعيا واصطناعيا

1- يمكن للنظير ${}^{238}_{92}U$ لليورانيوم أن يشع 8 دقائق α مقابل 6 دقائق β ، و تنتج النواة المستقرة ${}^{A}_{Z}X$. اكتب معادلة التفاعل الحادث واستنتج هوية النكليد ${}^{A}_{Z}X$.

2- إن نواة النظير ${}^{235}_{92}U$ تستطيع أن تلتقط نيترونا لتنشطر إلى نواتي النكليد ${}^{95}_{92}Mo$ و النكليد ${}^{139}_{57}La$ و تنبعث دقائق β^- و عدة نيترونات.

ا) اكتب معادلة التفاعل النووي الحادث.

ب) احسب الطاقة المتحررة الناشئة في هذا التفاعل مع إهمال كتلة الإلكترونات.

3) في أحد التفاعلات النووية يستهلك تفاعل نووي $1\,Kg$ من اليورانيوم $^{238}_{92}U$ يوميا. باعتبار أن التفاعل النووي الحادث هو المشار إليه سابقا، احسب الاستطاعة الكهربائية المتحصل عليها علما أن مردود العملية 30% .
يعطى: ($^{235}_{92}U = 235{,}0439\,u$ ، $^{95}_{92}Mo = 94{,}90584\,u$ ، $^{139}_{57}La = 138{,}90614\,u$)

✓الحل :

1) معادلة التفاعل $^{238}_{92}U \longrightarrow 8\,^{4}_{2}He + 6\,^{0}_{-1}e + ^{A}_{Z}X$

و يكون $238 = (8\times4) + A \rightarrow A = 206$

$92 = (8\times4) + (6\times-1) + Z \rightarrow Z = 82$

فالنواة $^{A}_{Z}X$ هي نواة الرصاص $^{206}_{82}Pb$

2) ا) ليكن X عدد الإلكترونات المنبعثة (دقائق β^-)، Y عدد النيترونات:

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{95}_{42}Mo + ^{139}_{57}La + X\,^{0}_{-1}e + Y\,^{1}_{0}n$$

و يكون $135 + 1 = 95 + 139 + Y \rightarrow Y = 2$

$92 + 0 = 42 + 57 - X \rightarrow X = 7$

إذن $^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{95}_{42}Mo + ^{139}_{57}La + 7\,^{0}_{-1}e + 2\,^{1}_{0}n$

$$\Delta m = 235{,}04390 - 94{,}90584 - 138{,}90614 - 1{,}00866 = 0{,}22326\,u$$

$$= 0{,}22326 + 1{,}66\times10^{-27} = 0{,}3728\times10^{-27}\,Kg$$

ومنه يكون $E = \Delta m\,.\,C^2 = 0{,}3728\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2 = 3{,}355\times10^{-11}\,J$

$$= \frac{3{,}355\times10^{-11}}{1{,}6\times10^{-19}} = 2{,}09\times10^8 eV = 209\,MeV$$

3) لدينا $1\,u \longrightarrow 1{,}67\times10^{-27}\,Kg$ فتكون كتلة ذرة اليورانيوم هي:

$$235{,}04390\,u = 235{,}04390\times1{,}66\times10^{-27} = 392{,}52\times10^{-27}\,Kg$$

و النقص الموافق في الكتلة أثناء التفاعل هو $0{,}3728\times10^{-27}\,Kg$ (كما سبق). يكون:

$$392{,}52\times10^{-27}\,Kg \longrightarrow 0{,}3728\times10^{-27}\,Kg$$

$$1\,Kg \longrightarrow \Delta m$$

نجد $\Delta m = \dfrac{0{,}3728\times10^{-27}}{392{,}52\times10^{-27}} = 9498\times10^{7}\,Kg$

و هو النقص في كتلة اليورانيوم في اليوم الواحد. و تكون الطاقة النووية المتحررة في اليوم الواحد هي:

$$E = \Delta m\,.\,C^2 = 9498\times10^{-7}\times(3\times10^8)^2 = 85482\times10^9\,J$$

و الاستطاعة النووية الموافقة في اليوم الواحد هي:

$$P_1 = \frac{E}{t} = \frac{85482\times10^9}{86400} \cong 989\times10^6\,W$$

و الاستطاعة الكهربائية المتحصل عليها كل يوم هي:

$P_2 = 0{,}3\,.\,P_1 = 0{,}3\times989\times10^6 = 296{,}8\times10^6\,W$ إذن $P \cong 300\,Mw$.

تطبيق 5 إنتاج الهليوم بتفاعل اندماج نووي

1- اكتب معادلة الاندماج النووي التي تعطي نواة الهليوم انطلاقا من نواتي النظيرين $^{2}_{1}H$ ، $^{3}_{1}H$.

2- احسب بوحدة MeV و بالجول مقدار الطاقة المتحررة من التفاعل.

- بالاستعانة بالجدول التالي الذي يعطي طاقة الربط النووي للنيكليون الواحد الموافق للعدد الكتلي A لنواة معينة:

العدد الكتلي (A)	1	2	3	4
طاقة النيكليون (MeV)	0	1,1	2,5	7,0

✓ الحل :

1) معادلة تفاعل الاندماج $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{A}_{Z}a$

حسب قانونا الانحفاظ يكون:

$$2+3=4+A \rightarrow A=1$$

$$1+1=2+Z \rightarrow Z=0$$

فالجسيم المنبعث أثناء التفاعل $^{1}_{0}a$ هو نيترون $^{1}_{0}n$

2) حساب طاقة التفاعل:

طاقة التفاعل هي الفرق بين طاقتي الربط النوويتين للدقائق النهائية والابتدائية، نجد ما يلي:

$$E(^{4}_{2}He) = 7,0 \times 4 = 28\ MeV$$

$$E(^{1}_{0}n) = 0$$

$$E(^{2}_{1}H) = 1,1 \times 2 = 2,2\ MeV$$

$$E(^{3}_{1}H) = 2,5 \times 3 = 7,5\ MeV$$

- الطاقة المتحررة من التفاعل هي:

$$E = 28 + 0 - 2,2 - 7,5 = 18,3\ MeV = 18,3 \times 10^{-13} = 2,93 \times 10^{-12}\ J$$

تطبيق 6 طاقة الربط النووي للنيوكلونات و استقرار النوى

نعتبر النكليدات الثلاثة $^{12}_{5}B$ ، $^{12}_{6}C$ ، $^{12}_{7}N$.

1- اعط تركيب أنوية هذه النكليدات.

2- ا) احسب طاقة الربط النووي للنكليد $^{12}_{6}C$.

ب) قارن النتيجة المحصل عليها بمثيلتها التي تخص النكليد $^{12}_{5}B$ $(6,7\ MeV)$ للنيكليون الواحد و النكليد $^{12}_{7}N$ $(6,2\ MeV)$.

3- علما أن $^{12}_{6}C$ مستقر و $^{12}_{5}B$ مشع لإشعاعات β^- ، $^{12}_{7}N$ مشع لإشعاعات β^+

- اكتب معادلة تحول كل من هذين النكليدين المشعين. **يعطى:**

.($m_n = 939{,}6\ MeV.C^{-2}$ ، $m_p = 938{,}3\ MeV.C^{-2}$ ، $^{12}_{6}C = 11174{,}7\ MeV.C^{-2}$)

✓ الحل :

1) تركيب الأنوية:

عدد النيترونات	عدد البروتونات	النكليدات
$12-5=7$	5	$^{12}_{5}B$
$12-6=6$	6	$^{12}_{6}C$
$12-7=5$	7	$^{12}_{7}N$

2) أ) حساب طاقة الربط النووي للنواة $^{12}_{6}C$

$$E_l = \Delta m . C^2$$
$$= [(Zm_p + Zm_n) - m_C].C^2$$
$$= C^2\,[(6\,m_p + 6\,m_n) - m_C]$$
$$= 6\,(938{,}3 + 939{,}6) - 11174{,}7 = 92{,}7\ MeV$$

ب) طاقة الربط النووي للنيكليون الواحد في النواة $^{12}_{6}C$ هي $\frac{E_l}{A} = \frac{92{,}7}{12} = 7{,}7\ MeV$

فهي أكبر من طاقتي الربط النوويتين للنيكليون الواحد بالنواتين $^{12}_{5}B$ $(6{,}7\ MeV)$ و $^{12}_{7}N$ $(6{,}2\ MeV)$. فالنكليد $^{12}_{6}C$ هو الأكثر استقرارا من بقية النيكليدين.

3) معادلتا تحول النواتين $^{12}_{5}B$ ، $^{12}_{7}N$:

$$^{12}_{5}B \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{0}\bar{V}$$
$$^{12}_{7}N \longrightarrow {}^{0}_{+1}e + {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{0}V$$



تطبيق 7 إيجاد الكتلة الذرية لنظير بالاعتماد على طاقة النيكليون

التريتيوم $^{3}_{1}H$ هو نظير للهيدروجين.

- احسب الكتلة الذرية لهذا النظير بوحدة الكتل الذرية u .

يعطى: $m_p = 1{,}0073\,u$ ، $m_n = 1{,}0087\,u$ ، $m_e = 0{,}0006\,u$ ،

$\frac{E_l}{A} = 2{,}8\ MeV$ ، $1\,u = 931{,}5\ MeV.C^{-2}$

✓ الحل :

- طاقة الربط النووي لنواة التريتيوم E_l هي :

$$\frac{E_l}{A} = 2{,}8 \longrightarrow E_l = 2{,}8 \times 3 = 8{,}4\ MeV$$

النقص في كتلة النواة:

حسب العلاقة $E_l = \Delta m . C^2$ يكون $\Delta m = \frac{E_l}{C^2} = 8{,}4\ MeV.C^{-2}$

و حيث أن $1u = 931{,}5\ MeV.C^{-2}$ يكون $\Delta m = \frac{8{,}4}{931{,}5} = 9{,}02 \times 10^{-3}\ u$

و تكون كتلة الذرة الواحدة هي m بحيث:

$$\Delta m = m_p + 2\,m_n + n_e - m$$

$$m = m_p + 2\,m_n + m_e - \Delta m$$

$$= 1{,}0073 + 2\,(1{,}0087) - 0{,}006 - 0{,}009 = 3{,}0163\,u$$



تطبيق 8 استعمال منحنى *Aston* في دراسة استقرار النوى

تهتم الدراسات الحالية بالتحولات النووية الممكن حدوثها لمزيج من النظيرين (د يتريوم- تريتيوم). فمن هذه التحولات نجد أنه انطلاقا من نواتي ديتريوم يمكن الحصول على التفاعل $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{A_1}_{Z_1}X + ^{1}_{0}n$............(1)

وكما يمكن الحصول على التفاعل $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{A_2}_{Z_2}X + ^{1}_{1}p$............(2) .

1- اعط من أجل التفاعلين (1) و (2) اسم ورمز النواتين الناتجتين $^{A_1}_{Z_1}X$ ، $^{A_2}_{Z_2}X$

2- احسب بوحدة $M\,eV$ طاقة الربط النووي لنواة التريتيوم

3- من أجل مقارنة استقرارية النوى فيما بينها فإننا نستعمل طاقة الربط النووي للنيكليون الواحد $(\frac{E_l}{A})$.

بالاستعانة بمنحنى " أستون " المرفق $\frac{-E_l}{A} = f\,(A)$ ، بين على هذا المنحنى المواقع التي نصادف فيها الأنوية الأكثر استقرارا .

4- من التحولات النووية الاندماجية الأكثر حدة نصادف التفاعل التالي :

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}X + ^{1}_{0}n$$

فإذا كانت طاقة الربط النووي للنيكليون الواحد بنواة الديتريوم تقارب $2{,}8\,M\,eV$ المطلوب :

ا) بين على المنحنى موقع نواة التريتيوم

ب) بالاعتماد على منحنى أستون أستنتج قيم طاقة الربط النووي للنيكليون الواحد لكل من النواة $^{4}_{2}He$ و النواتين $^{2}_{1}H$ ، $^{3}_{1}H$

5- بين أن الطاقة المتحررة في التفاعل (3) تكون مساوية القيمة $17,6\ MeV$

(بكالوريا المغرب- 2005)

✓الحل :

1) بتطبيق قانوني الانحفاظ نجد انطلاقا من المعادلتين (1) و (2) ما يلي :

$2+2=A_1+1 \rightarrow A_1=3$

$1+1=Z_1+0 \rightarrow Z_1=2$ فالنواة $^{A_1}_{Z_1}X$ هي نواة النظير $^{3}_{2}He$ (هليوم) .

كذلك يكون :

$2+2=A_2+1 \rightarrow A_2=3$

$1+1=Z_2+0 \rightarrow Z_2=1$ فالنواة $^{A_2}_{Z_2}X$ هي نواة النظير $^{3}_{1}H$ (تريتيوم).

2) طاقة الربط النووي للنواة $^{3}_{1}H$:

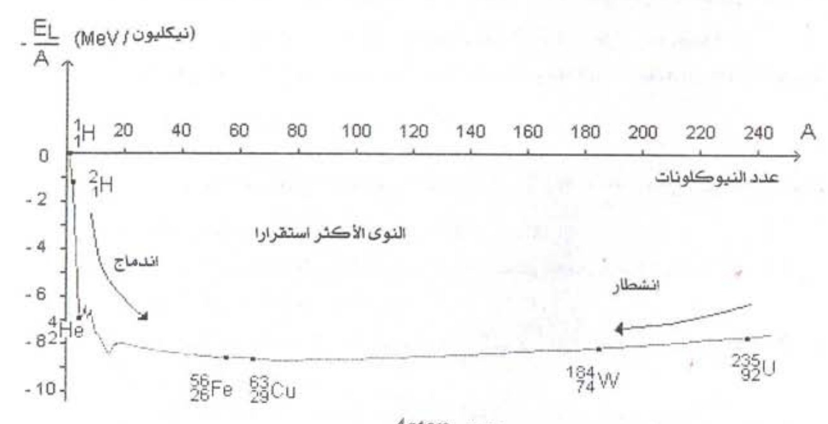
$$E_l=\left[(m_p+2m_n)-m\ ^{3}_{1}H\right]\cdot C^2$$

$$=\left[(1,00728+2(1,00866)-3,01550\right]\times 1,66\times 10^{-27}\times(3\times 10^{8})^2$$

$$=9,1\times 10^{-3}\times 1,66\times 10^{-27}\times(3\times 10^{8})^2$$

$$=1,36\times 10^{-12} j=\frac{1,36\times 10^{-12}}{1,6\times 10^{-13}}=8,5MeV$$

3) تملك النوى الأكثر استقرارا طاقة ربط نووي للنيكليون الواحد $\frac{E_l}{A}$ اكبر ما يمكن بالتالي فهي تملك القيم $\frac{-E_l}{A}$ الأخفض بيانيا (لاحظ الجزء المظلل في البيان التالي).



منحنى *Aston*

4) ا) موقع نواة التريتيوم كما في الشكل المرفق.

ب) من البيان يكون:

$$-\frac{El}{A}({}^{4}_{2}He) \approx -7MeV$$

$$-\frac{El}{A}({}^{3}_{2}He) \approx -2{,}8\ MeV$$

$$-\frac{El}{A}({}^{2}_{1}H) \approx -1{,}1\ MeV$$

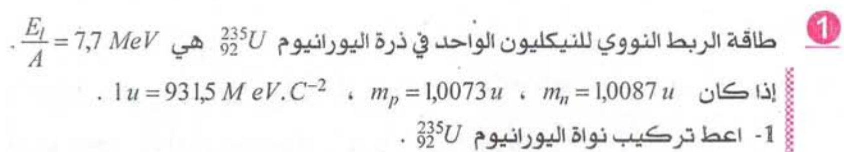
5) ا) الطاقة المتحررة من التفاعل (3) هي:

$$E = \left[\frac{E_l}{A}({}^{3}_{1}H)\times A + \frac{E_l}{A}({}^{2}_{1}H)\times A\right] - \left[\frac{E_l}{A}({}^{4}_{2}He)\times A\right]$$

$$= 2{,}8\times 3 + 2\times 1{,}1 - 4\times 7$$

$$= -17{,}4\ MeV$$

$E \langle 0$ فالجملة تفقد طاقة أثناء التفاعل يتلقاها الوسط الخارجي.



1 طاقة الربط النووي للنيكليون الواحد في ذرة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ هي $\frac{E_l}{A} = 7,7\ MeV$.

إذا كان $m_n = 1,0087\, u$ ، $m_p = 1,0073\, u$ ، $1u = 931,5\ MeV.C^{-2}$.

1- اعط تركيب نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$.

2- احسب كتلة النواة المذكورة بوحدة الكتل الذرية (u) .


الجواب :

$m_0 = 234,973\, u$

2 ا) لماذا تكون الطاقة الناشئة عن تفاعل نووي من الضخامة بحيث تهمل أمامها الطاقة الناشئة عن تفاعل كيميائي عادي حتى و لو كان شديدا جدا ؟

ب) يقال أن الطاقة الشمسية مصدرها تفاعلات اندماج نووية تحدث داخلها وتفقد الشمس نتيجة ذلك $4\times10^{6}\ T$ من كتلتها في كل ثانية. هل تتوقع أن تفنى الشمس في زمن ما ؟ احسب الاستطاعة الإشعاعية للشمس.


الجواب :

$P = 36\times10^{19}\ MT$

3 يتشكل الماء حسب المعادلة التالية $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O + 289000\ (J)$

و يحترق الفحم لتكوين غاز الفحم حسب المعادلة $C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 94000\ (J)$

- احسب مقدار النقص في الكتلة الموافق لكل تفاعل.


الجواب :

$4,36\times10^{-12}\ Kg$ ، $12\times10^{-13}\ Kg$

4 احسب بالميقا إلكترون فولط، طاقة الارتباط النووي لنواة الكالسيوم $^{40}_{20}Ca$ حيث:
$^{40}_{20}Ca = 39,96269\, u$ (يحصل على بقية الثوابت من المواضيع السابقة).

5 احسب طاقة الارتباط النووي لمول واحد من ذرات الهليوم $^{4}_{2}He$ مقدرة بالجول، ثم بالكيلوواط ساعي و بـ MeV .

يعطى: $^{1}_{1}H = 1,00782u$ ، $^{1}_{0}n = 1,00867u$ ، $^{4}_{2}He = 4,0026u$


الجواب :

$E = 273,6\times10^{10}\ J\ = 7\times10^{5}\ Kw/h$
$= 7,1\times10^{25}\ MeV$

6

يمكن أن تتحد نوى نظائر الهيدروجين أثناء التفاعلات التي تحدث في القنبلة الهيدروجينية كما يلي:

$${}_1^2H + {}_1^2H \longrightarrow {}_1^2H + ...4\ MeV$$

$${}_1^3H + {}_1^3H \longrightarrow {}_1^4He + ...4\ MeV$$

$${}_1^3H + {}_1^3H \longrightarrow {}_2^3He + ... + \nu + 11\ MeV$$

$${}_1^3H + {}_1^2H \longrightarrow {}_2^4He + ... + \nu + 18\ MeV$$

- أكمل المعادلات واحسب النقص في الكتلة الموافق لكل اندماج نووي.

7

البزموث ${}_{83}^{210}Bi$ عنصر مشع ويصدر أشعة β^- .

1- اكتب معادلة التحول، ثم بين من بين النوى التالية تلك التي تنتج عن إشعاع البزموث: ${}_{82}Pb$ ، ${}_{83}Bi$ ، ${}_{84}PO$ ، ${}_{85}At$ ، ${}_{86}Rn$ ، ${}_{87}fr$

2- احسب الطاقة المتحررة عن هذا التفاعل.

يعطى: ${}_{83}^{210}Bi = 210{,}050877\,u$ ، ${}_{84}^{210}PO = 210{,}04962\,u$

${}_{83}^{209}Bi = 209{,}046859\,u$ ، ${}_{82}^{206}Pb = 206{,}039957\,u$

جواب :

$0{,}66\ MeV$

8

تستهلك محطة توليد كهربائية $1600\,T$ يوميا من وقود ينشر الكيلوغرام الواحد منه حرارة قدرها $4\times10^{7}\ J$. لو أن موقد هذه المحطة كان قادرا على تحويل المادة إلى طاقة، لكان و قوده المادة بالذات و لكان استهلاكه أقل بكثير، احسب مقدار هذا الاستهلاك.


الجواب :

$0{,}71\ g$

9

عنصر كيميائي يقع في السطر 3 العمود 5 من الجدول الدوري.

1- أوجد عدده الذري Z .

2- نحصل على النواة السابقة ${}_Z^AX$ بقذف النواة المستقرة ${}_{13}^{27}AI$ بأشعة α مما يؤدي إلى انبعاث نيترون.

ا) احسب طاقة التفاعل النووي الحادث واستنتج قيمة العدد A .

ب) احسب طاقة التفاعل مقدرة بوحدة MeV .
جـ) أوجد الطاقة المتحررة عن تفاعل مول واحد من الذرات.
3- احسب كمية الفحم المحترقة(مقدرة بالطن) الذي يمكنه نشر نفس الكمية السابقة من الحرارة المتحررة عن تفاعل مول واحد في التفاعل النووي السابق، علما أن احتراق مول واحد من الفحم ينشر طاقة حرارية قدرها $393100\ J$.

يعطى: $^{27}_{13}Al = 26{,}9815\,u$ ، $^{4}_{2}He = 4{,}0026\,u$

$^{A}_{Z}X = 29{,}96524\,u$ ، $^{1}_{0}n = 1{,}00867\,u$

الجواب :

1- $Z = 15$

2- ا) $A = 30$ ب) $E = 9{,}152\ MeV$

جـ) $E = 350{,}27 \times 10^{10}\ J$

3- $m \cong 107\ T$

---

10 تنشطر نواة اليورانيوم $^{236}_{92}U$ حسب المعادلة $^{236}_{92}U \longrightarrow ^{95}_{42}Mo + ^{139}_{57}La + X\,(a)$
حيث X عدد الدقائق a المنبعثة.
ا) احسب العدد X و بين طبيعة a .
ب) احسب طاقة التفاعل النووي الحادث، إذا كان النقص الموافق في الكتلة هو $0{,}2218\,u$

الجواب :

$E = 206{,}46\ MeV$

---

11 في تفاعل تسلسلي لنواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ الذي يحدث نتيجة قذف النواة بنيترون تنتج النواة $^{236}_{92}U^{*}$ التي تنقسم بدورها إلى نوى أخرى وتنبعث عدة نيترونات تصيب بدورها نوى أخرى من النوع $^{235}_{92}U$ و هكذا ... بحيث تكون طاقة كل انقسام نووي مقدرة بحوالي $200\ MeV$.
- احسب الطاقة المتحررة عن مول واحد من الذرات، ثم استنتج الطاقة الناشئة عن تفاعل $10\ Kg$ من اليورانيوم $^{235}_{92}U$. ($^{235}_{92}U = 235{,}0423\,u$).

---

12 الفحم الطبيعي خليط من النظيرين $^{12}_{6}C$ ، $^{13}_{6}C$ بالنسبتين $x\,\%$ ، $y\,\%$ على الترتيب.
1- إذا كانت الكتلة الذرية المتوسطة للفحم الطبيعي هي $12{,}01\,u$ فأوجد x ، y .
2- حدد موقع هذين النظيرين في الجدول الدوري.
3- عنصر آخر X يقع في السطر 2 من الجدول الدوري.
- اعط رقمه الذري Z و اذكر الفئة الكيميائية التي ينتمي إليها .
4- تقذف النواة $^{A}_{Z}X$ بأشعة α فينتج النظير $^{13}_{6}C$ و ينبعث نيترون.
ا) استنتج هوية النكليد $^{A}_{Z}X$.

ب) احسب طاقة التفاعل النووي الحادث مقدرة بوحدة MeV .

يعطى: $^{1}_{0}n = 1{,}00867\,u$ ، $^{4}_{2}He = 4{,}0026\,u$ ، $^{A}_{Z}X = 0{,}0122\,u$

---

13 ** يمكن الحصول على دقائق α بقذف نواة الليثيوم $^{7}_{3}Li$ ببروتون حسب المعادلة التالية $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \longrightarrow n\,\alpha$

- عين عدد الدقائق α ، و احسب طاقة التفاعل بوحدة MeV .

يعطى: $^{1}_{1}H = 1{,}0073\,u$ ، $m_\alpha = 4{,}0026\,u$ ، $^{7}_{3}Li = 7{,}016\,u$

$1\,eV = 1{,}6\times10^{-19}\,J$ ، $1\,u = 1{,}67\times10^{-27}\,Kg$

2- ا) تنبعث دقائق (α) التي شحنتها He^{++} من النقطة O حيث توجد عينة من الراديوم المشع بسرعة ابتدائية $\vec{v}_0$ تحت تأثير فرق كمون مسرع $u = 2\times10^{6}\,V$ نحو صفيحة O_1 بحيث يكون $|u| = u_O - u_{O_1}$ يوجد وراء اللوح O_1 لوح آخر O_2 له نفس كمون اللوح O_1 . بين طبيعة حركة الدقائق في المجال (O, O_1) ، ثم (O_1, O_2) .

ب) اللوح O_2 عبارة عن صفيحة معدنية تمكننا من حساب الطاقة الحركية المكتسبة للدقيقة α فتكون $E_{C_2} = 33\,MeV$. بين كيف يمكننا حساب الطاقة الحركية بواسطة هذه الصفيحة، ثم استنتج مقدار السرعة الابتدائية $\vec{v}_0$ ، و كذلك السرعة $\vec{v}_2$ عند النقطة O_2 .

---

14 *** ينتج نظير الراديوم $^{226}_{88}Ra$ من إشعاع لنواة اليورانيوم $^{238}_{92}U$.

1- احسب كتلة النيوكلونات الموجودة بنواة الراديوم.

2- احسب النقص في نواة الراديوم.

3- احسب بوحدة MeV و بالجول طاقة الربط النووي لنواة الراديوم.

4- ما هي الطاقة الواجب توفرها لتفكيك نواة الراديوم إلى نيوكلونات حرة ساكنة ؟ ما هي طاقة الربط للنيكليون الواحد ؟

يعطى: $m_n = 1{,}00866\,u$ ، $m(^{226}_{88}Ra) = 225{,}97709\,u$ ،

$m_p = 1{,}00728\,u$ ، $1\,u = 1{,}66055\times10^{-27}\,Kg$.

الجواب :

1- $m = 227{,}83572\ u$

2- $\Delta m = 1{,}85863\ u$

3- $E_l = 2{,}7738\times10^{-27}\ Kg$ ، $E_l = 1731{,}3\,MeV$ ،

$\frac{E_l}{A} = 7{,}66\,MeV$

15 *** أكمل معادلات التحولات النووية التالية مبينا طبيعتها (إشعاع β^- ، β^+ ، α ، تفاعل انشطار، تفاعل اندماج) .

1) ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{94}_{39}Y + {}^{140}_{Z}I + x\,{}^{1}_{0}n$

2) ${}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}th$

3) ${}^{238}_{Z}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{A}_{92}U$

4) ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{Z}X \longrightarrow {}^{4}_{2}He + x\,{}^{1}_{0}n$

5) ${}^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{0}_{+1}e + {}^{A}_{Z}Te$

6) ${}^{124}_{Z}X \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{A}_{54}Xe$

---

16 ✲✲✲ في درجة الحرارة $\theta = 1{,}5\times10^{7}\ K$ تحدث تفاعلات الالتحام التالية بمركز الشمس الملتهبة:

${}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{0}_{1}e$ ....(1)

${}^{1}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}H + \gamma$ ....(2)

${}^{3}_{2}H + {}^{3}_{2}H \longrightarrow {}^{4}_{2}H + 2\,{}^{1}_{1}H$ ....(3)

1- بالاعتماد على هذه المعادلات، اعط المعادلة الإجمالية التي تعبر عن حصيلة التفاعل الحادث في هذا النجم الملتهب.

2- احسب الطاقة المتحررة من تشكل نواة هليوم واحدة ثم من $1\ g$ من الهيليوم.

3- الاستطاعة الإشعاعية للشمس هي $3{,}9\times10^{26}\ W$ ، بفرض أن كل الطاقة الناشئة عن التفاعلات الحادثة تتحول إلى إشعاعات.

ا) احسب كتلة الهليوم المتشكل في كل ثانية.

ب) احسب النقص في كتلة الشمس في كل ثانية.

جـ) إذا كان متوسط عمر الشمس هو $4{,}6\times10^{9}$ مليار سنة.

و أن كتلتها الحالية هي $2\times10^{30}\ Kg$.

- ما هي الكتلة التي ضاعت من الشمس منذ بداية إشعاعها ؟

يعطى: $m({}^{2}H) = 2{,}01355\,u$ ، $m({}^{3}H) = 3{,}014934\,u$ ، $m_e = 0{,}00055\,u$

الجواب :

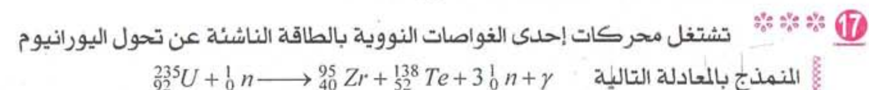
1. $4\,{}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{1}e + 2\gamma$

2. $E = 5{,}9\times10^{5}\ MJ$

3. ا) $m = 135\ Kg$

ب) $\Delta m = 4{,}3\times10^{9}\ Kg.S^{-1}$

جـ) $6{,}24\times10^{26}\ Kg$



17 ✲✲✲ تشتغل محركات إحدى الغواصات النووية بالطاقة الناشئة عن تحول اليورانيوم المنمذج بالمعادلة التالية ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{95}_{40}Zr + {}^{138}_{52}Te + 3\,{}^{1}_{0}n + \gamma$

1- احسب النقص في نواة اليورانيوم أثناء هذا التحول.

2- ا) احسب الطاقة المتحررة عن هذا التفاعل. كيف تظهر هذه الطاقة ؟

ب) احسب كتلة اليورانيوم المستهلك خلال 30 يوم من إنتقال الغواصة، علما أن محركاتها تقدم استطاعة حرارية متوسطة قدرها $25\ Mw$.

3- علما أن النواتين المتشكلتين في التفاعل السابق تشعان بالإشعاعات β^- .

ا) اكتب معادلتي تحوليهما، علما أن النواتين الناتجتين تكونان على الترتيب نظيرتين لـ Nb ، I .

ب) احسب الطاقتين المتحررتين من هذين التفاعلين.

يعطى: $m(^{235}U) = 234{,}99933\ u$ ، $m(^{95}_{40}Zr) = 94{,}88604\ u$

$m(^{138}_{52}Te) = 137{,}90067\ u$ ، $m(^{138}I) = 137{,}89324\ u$

$m(^{95}Nb) = 94{,}88429\ u$ ، $m_e = 0{,}00055\ u$



الجواب :

1- $\Delta m = 0{,}18935\ u$

2- ا) $176{,}4\ MeV$

ب) $m = 0{,}9\ Kg$ ، $E = 6{,}48 \times 10^{13}\ J$

3- ب) $E_1 = 1{,}12\ MeV$ ، $E_2 = 6{,}36\ MeV$

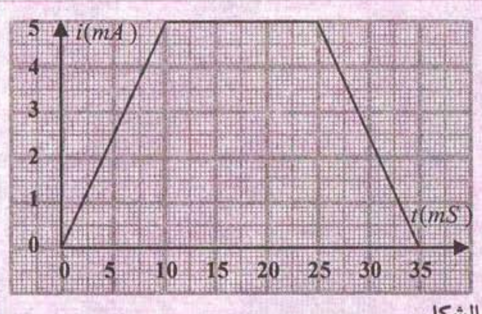
تطور التيار الكهربائي في الدارة R,L





تطبيقات نموذجية

تطبيق 1 التوتر الكهربائي بين طرفي وشيعة نتيجة مرور تيار معين



وشيعة ذاتيتها $L = 0{,}1\ H$ ومقاومتها مهملة.
نجعل تيارا متغير الشدة يجتازها كما في الشكل.

1- اكتب عبارة التوتر اللحظي $u(t)$ المطبق بين طرفيها.

2- أوجد التوترات المطبقة في المجالات الزمنية المبينة بالشكل.

3- احسب الطاقة الكهربائية الكلية المخزنة في الوشيعة في اللحظة $t = 25\ ms$

- هل يوجد ضياع لهذه الطاقة بفعل جول في تلك اللحظة ؟

✓ الحل :

1) التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعة في لحظة معينة $u = L.\dfrac{di}{dt} + r.i$

مقاومة الوشيعة مهملة فيكون $u = L.\dfrac{di}{dt}$

2) العبارات اللحظية في مختلف المجالات الزمنية:

- في المجال $[0\ ,10\ ms]$ يكون التيار خطيا من الشكل $i(t) = a\,t$

فيكون $\dfrac{di}{dt} = a$ حيث a هو ميل المستقيم ، حيث يكون:

$$a = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{5\times10^{-3} - 0}{10\times10^{-3} - 0} = 0{,}5$$

ومنه نجد $u_1(t) = 0{,}1 \times 0{,}5 = 0{,}05\ V$

- في المجال $[10\ ms\ , 25\ ms]$ يكون التيار ثابت الشدة فنجد:

$\dfrac{di}{dt} = 0$ و ينتج أن $u_2(t) = 0$

و ذلك لإهمال مقاومة الوشيعة التي تلعب دور سلك ناقل فقط و لا تتحرض لكون التيار ثابتا.

- في المجال $[25\ ms\ , 35\ ms]$ يكون التيار خطيا من الشكل $i(t) = a'\,t + b$

حيث يكون $\dfrac{di}{dt} = a' = -a = -0{,}5$ فينتج $u_3(t) = -0{,}05\ V$

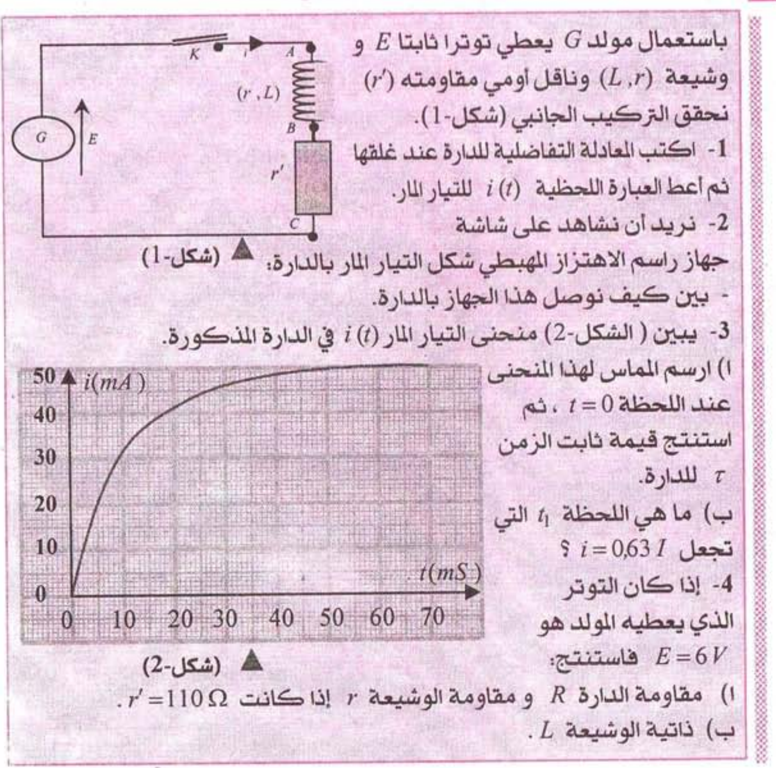
3) حساب طاقة الوشيعة $E=\frac{1}{2}L.i^2+r.i^2$

- مقاومة الوشيعة مهملة فلا يوجد ضياع في الطاقة بفعل جول و تكون الطاقة الموجودة مخزنة على شكل طاقة كهرومغناطيسية تظهر أثناء تفريغ الوشيعة على شكل شرارة كهربائية:

$$E=E_m=\frac{1}{2}L.i^2$$

$$=\frac{1}{2}(0{,}1)(5\times10^{-3})^2=12{,}5\times10^{-6}\ J$$

تطبيق 2 دراسة تطور التيار الكهربائي المار بوشيعة



باستعمال مولد G يعطي توترا ثابتا E و وشيعة (L,r) وناقل أومي مقاومته (r') نحقق التركيب الجانبي (شكل-1).

(شكل-1)

1- اكتب المعادلة التفاضلية للدارة عند غلقها ثم أعط العبارة اللحظية $i(t)$ للتيار المار.

2- نريد أن نشاهد على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي شكل التيار المار بالدارة:

- بين كيف نوصل هذا الجهاز بالدارة.

3- يبين (الشكل-2) منحنى التيار المار $i(t)$ في الدارة المذكورة.

ا) ارسم المماس لهذا المنحنى عند اللحظة $t=0$ ، ثم استنتج قيمة ثابت الزمن τ للدارة.

ب) ما هي اللحظة t_1 التي تجعل $i=0{,}63\,I$ ؟

4- إذا كان التوتر الذي يعطيه المولد هو $E=6V$ فاستنتج:

(شكل-2)

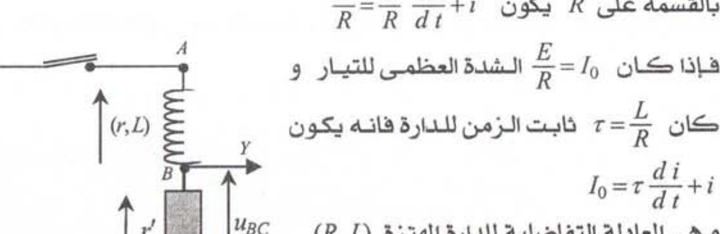
ا) مقاومة الدارة R و مقاومة الوشيعة r إذا كانت $r'=110\,\Omega$.

ب) ذاتية الوشيعة L .

الحل :

1) المعادلة التفاضلية للدارة:

$E=u_{AB}+u_{BC}$ أي أن $E=L.\frac{di}{dt}+(r+r')i$



بوضع $R=r+r'$ مقاومة الدارة يكون $E=L\dfrac{di}{dt}+Ri$

بالقسمة على R يكون $\dfrac{E}{R}=\dfrac{L}{R}\dfrac{di}{dt}+i$

فإذا كان $\dfrac{E}{R}=I_0$ الشدة العظمى للتيار و

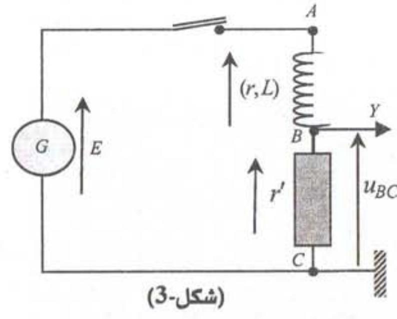
كان $\tau=\dfrac{L}{R}$ ثابت الزمن للدارة فانه يكون

$$I_0=\tau\frac{di}{dt}+i$$

و هي المعادلة التفاضلية للدارة المهتزة (R,L) .

و يعطي حل هذه المعادلة النتيجة

$$i(t)=I_0\,(1-e^{-t/\tau})$$



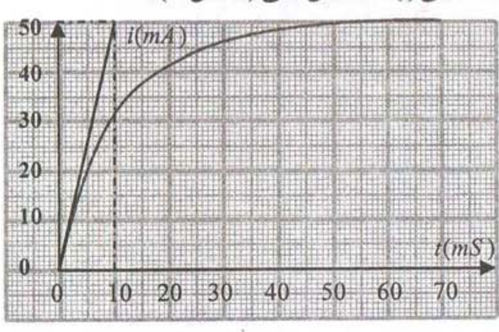
(شكل-3)

2) مشاهدة المنحنى $i(t)$:

لمشاهدة المنحنى $i(t)$ على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي فإنه يكفي مشاهدة منحنى التوتر المطبق بين طرفي الناقل الأومي $u_{BC}(t)$ لأنه يتناسب مع التيار و من أجل ذلك فإنه يجب وصل النقطة C بأرضي الجهاز و النقطة B بأحد مدخلي الجهاز (Y) . (شكل-3)

حيث يكون $i(t)=\dfrac{u_{BC}}{r}$

3) أ) عند رسم المماس في اللحظة $t=0$ للمنحنى $i(t)$ نحصل على (الشكل-4).



(شكل-4)

إن المماس المذكور يمر من النقطة $(\tau\,,I_0)$ فيكون حسب الشكل

$$\tau=10\,ms$$

ب) من البيان يكون أيضا:

لما:

$$i=0{,}63I=0{,}63\times50$$
$$=31{,}5\,mA$$

يكون $t_1=10\,ms=\tau$

4) أ) مقاومة الدارة ومقاومة الوشيعة:

- مقاومة الدارة R :

$$R=\frac{E}{I_0}=\frac{6}{50\times10^{-3}}=120\,\Omega$$

- مقاومة الوشيعة r :

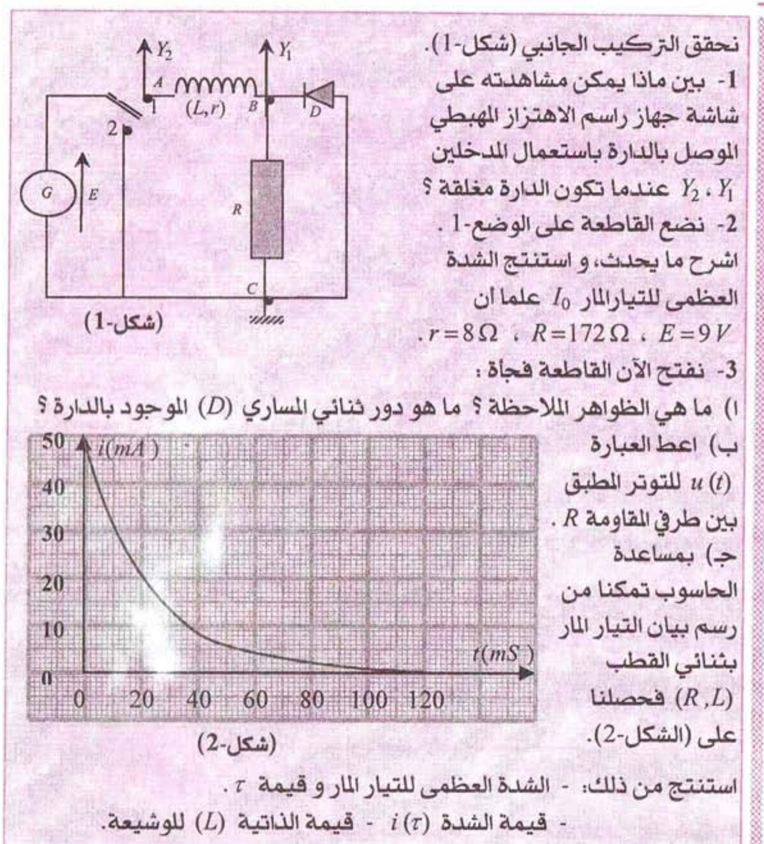
$$R=r+r'\longrightarrow r=R-r'=120-110=10\,\Omega$$

ب) ذاتية الوشيعة L :

- من عبارة ثابت الزمن للدارة $\tau=\dfrac{L}{R}$ يكون:

$$L=R\,.\,\tau=120\times10\times10^{-3}=1{,}2\,H$$

تطبيق 3 دراسة الظواهر الناشئة عن انقطاع التيار بالوشيعة



(شكل-1)

نحقق التركيب الجانبي (شكل-1).

1- بين ماذا يمكن مشاهدته على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي الموصل بالدارة باستعمال المدخلين Y_1 ، Y_2 عندما تكون الدارة مغلقة ؟

2- نضع القاطعة على الوضع-1 .
اشرح ما يحدث، و استنتج الشدة العظمى للتيارالمار I_0 علما ان $E=9V$ ، $R=172\Omega$ ، $r=8\Omega$.

3- نفتح الآن القاطعة فجأة :

ا) ما هي الظواهر الملاحظة ؟ ما هو دور ثنائي المساري (D) الموجود بالدارة ؟

ب) اعط العبارة $u(t)$ للتوتر المطبق بين طرفي المقاومة R .

جـ) بمساعدة الحاسوب تمكنا من رسم بيان التيار المار بثنائي القطب (R,L) فحصلنا على (الشكل-2).

(شكل-2)

استنتج من ذلك: - الشدة العظمى للتيار المار و قيمة τ .
- قيمة الشدة $i(\tau)$ - قيمة الذاتية (L) للوشيعة.

✓ الحل :

1) المشاهدة على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي:
- على المدخل Y_1 : التوتر u_{BC} بين طرفي الناقل الأومي.
- على المدخل Y_2 : التوتر الكلي u_{AC} بين طرفي الدارة.

2) القاطعة على الوضع-1 يحدث وصل الوشيعة والناقل الأومي بالمولد، فتخزن الوشيعة طاقة كهرومغناطيسية معينة.وتكون الشدة العظمى لتيار المار هي:

$$I_0 = \frac{E}{r+R}$$
$$= \frac{9}{8+172} = 0{,}05\ A = 50\ m\ A$$

3) ا) القاطعة مفتوحة:

يصبح المولد خارج الدارة و يحدث تفريغ للوشيعة في الناقل الأومي حيث تتحرض تلقائيا لتصبح مولدا، و يرتفع التوتر بين طرفيها كثيرا إلا أن وجود ثنائي المساري (D) بالدارة يحميها من التيار المتحرض المعاكس.

ب) عبارة التوتر $u(t)$ بين طرفي المقاومة R :

يتناقص التيار بشكل دالة أسية:

$$u_{BC} = -u_0\, e^{-t/\tau} = -E \,.\, e^{-t/\tau}$$

(شكل-2)

جـ) من البيان يكون

$$|I_0| = 50\, m\, A$$

- عند رسم المماس في اللحظة $t=0$ للمنحنى $i(t)$ نجد أنه يقطع محور الفواصل في النقطة $\tau = 20\, ms$.

- حساب $i(\tau)$:

$$i(t) = \frac{u_{BC}(t)}{r+R}$$

$$= -\frac{E}{r+R} \,.\, e^{-t/\tau} = -I_0 \,.\, e^{-t/\tau}$$

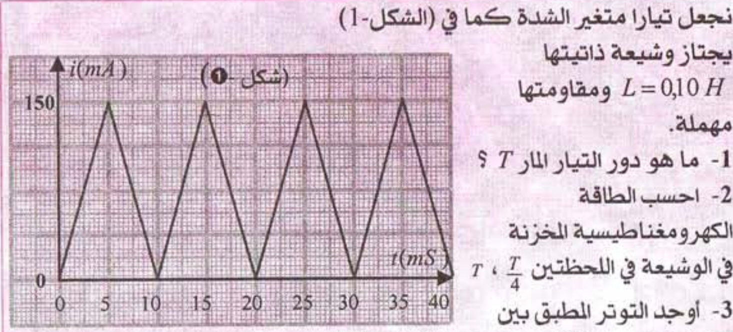
$$i(\tau) = -I_0 \,.\, e^{-1} = -0{,}37\, I_0 = -0{,}37 \times 50$$

$$= 18{,}5\, m\, A$$

- حساب ذاتية الوشيعة L :

من العلاقة $\tau = \dfrac{L}{r+R}$ يكون $L = (r+R)\,\tau = 180 \times 20 \times 10^{-3} = 3{,}6\, H$

تطبيق 4 الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة بوشيعة - منحنيات التوتر



نجعل تيارا متغير الشدة كما في (الشكل-1) يجتاز وشيعة ذاتيتها $L = 0{,}10\, H$ ومقاومتها مهملة.

1- ما هو دور التيار المار T ؟

2- احسب الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة في الوشيعة في اللحظتين $\frac{T}{4}$ ، T

3- أوجد التوتر المطبق بين طرفي الوشيعة خلال نصفي الدور الأول و الثاني.

4- نريد أن نشاهد في المجال $[0 , 40\ ms]$ التوتر $u\ (t)$ المطبق بين طرفي الوشيعة
على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي.
- ارسم التركيب المناسب، ثم ارسم المنحنيات التي تظهر على شاشة هذا الجهاز عندما نعدل المدخل Y على ما يلي:
- المسح الأفقي (الوحدة ← $2,5\ ms$) ، حساسية المدخل (الوحدة ← $1,5\ V$).

✓ الحل :

1) دور التيار هو $T = 10\ ms$.

2) الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة بالوشيعة $E_m = \frac{1}{2} . L . i^2$

$$E\ (\frac{T}{4}) = \frac{1}{2} \times 0,10 \times (75 \times 10^{-3})^2 = 281,25 \times 10^{-6}\ J$$

$$E\ (T) = 0$$

3) توتر الوشيعة $u\ (t) = L . \frac{d\ i}{d\ t}$

التيار المار خطي فيكون التغير منتظما $u\ (t) = L . \frac{\Delta i}{\Delta t}$

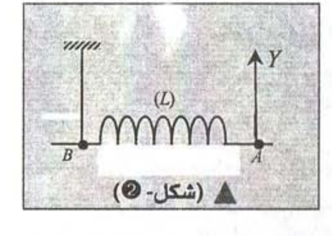
- ففي النصف الأول من الدور $\frac{T}{2}$ يكون $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{150 - 0}{5 - 0} = 30$

ومنه نجد $u_1 = 0,10 \times 30 = 3\ V$

- و في النصف الثاني من الدور يكون:

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{0 - 150}{10 - 5} = -30$$

ومنه نجد $u_2 = 0,10\ (-30) = -3\ V$



▲ (شكل- ❷)

4) مشاهدة التوتر $u\ (t)$:

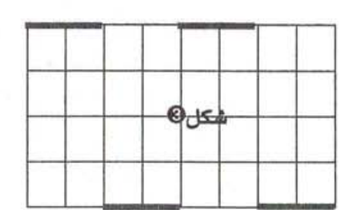
نصل أحد مدخلي الجهاز (Y) بين طرفي الوشيعة (A) ،



و نصل الطرف الآخر (B) بأرضي الجهاز كما في الشكل الجانبي (شكل-2).

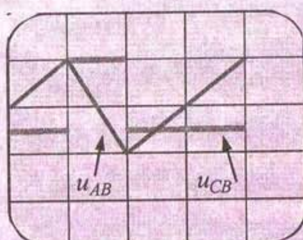
و حينئذ تظهر منحنيات التوتر $u\ (t)$ على شاشة الجهاز كدوال ثابتة حسب النتائج التي تحصلنا عليها سابقا. (شكل-3) و باستعمال المقياس المعطى - أفقيا: $2,5\ ms / Div$

- شاقوليا: $1,5\ V / Div$



تطبيق 5 تطبيق توتر بشكل سن المنشار على وشيعة

توصل وشيعة ذاتيتها $L = 0{,}10\ H$ ومقاومتها مهملة مع ناقل أومي مقاومته R ، ثم نطبق بين طرفي المجموعة توترا بشكل سن المنشار.



و بمساعدة راسم اهتزاز مهبطي موصل بالدارة نشاهد على شاشته التوترين u_{AB} ، u_{BC} بين طرفي الناقل الأومي (المدخل Y_1) و الوشيعة (المدخل Y_2) على الترتيب.

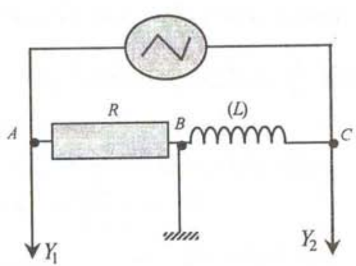
مقياس الرسم هو:

- أفقيا: $1\ ms/Div$ ، - شاقوليا: $(Y_1)\ 1V/Div$ ، $(Y_2)\ 20V/Div$

1- ارسم مخطط الدارة، ثم بين كيف يمكنك تفسير المنحنيات التي تظهر على شاشة الجهاز ؟

2- استنتج قيمة المقاومة R .

✓ الحل :



1) مخطط الدارة حسب الشكل المرفق.

إذا كان $u_R = u_{AB}$ التوتر المطبق بين طرفي الناقل الأومي فإن:

$u_L = u_{BC} = -u_{CB}$ يمثل التوتر المطبق بين طرفي الوشيعة و يكون $u_{AB} = R.i$

ومنه $i = \frac{u_{AB}}{R}$........(1)

فالتيار (i) يتناسب مع التوتر u_{AB} و يكون له نفس الشكل.

- فتطبيق توتر بشكل سن المنشار يعطي توترا له نفس الشكل. كذلك يكون

$$u_{CB} = -u_L = -L\frac{di}{dt}........(2)$$

من العلاقة (1) يكون $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}.\frac{du_{AB}}{dt}$

بالتعويض في العلاقة (2) نجد ما يلي:

$$u_{CB} = -L.\frac{1}{R}.\frac{du_{AB}}{dt} = \frac{-L}{R}.\frac{du_{AB}}{dt}.......(3)$$

و حيث أن u_{AB} يكون بشكل سن المنشار (دالة خطية) فإنه يكون:

- في المجال الأول $u_{AB} = a_1 t \longrightarrow \frac{du_{AB}}{dt} = a_1$

- في المجال الثاني $u_{AB} = -a_2\, t + b \longrightarrow \dfrac{d\, u_{AB}}{d\, t} = -a_2$
- في المجال الثالث $u_{AB} = a_3\, t + b' \longrightarrow d\, u_{AB} = a_3$

بالتعويض في العلاقة (3) نحصل على العبارة اللحظية لـ u_{CB} :

$$u_{CB}\,(1) = -\frac{L}{R}\,.\,a_1 = \lambda_1 = Cte \qquad (\lambda_1 \langle\, 0)$$

$$u_{CB}\,(2) = -\frac{L}{R}\,.\,(-a_2) = +\frac{L}{R}\,.\,a_2 = \lambda_2 = Cte \qquad (\lambda_2 \rangle\, 0)$$

$$u_{CB}\,(3) = -\frac{L}{R}\,.\,(a_3) = -\frac{L}{R}\,.\,a_3 = \lambda_3 = Cte \qquad (\lambda_3 \langle\, 0)$$

فالمنحنيات u_{CB} تظهر على الشاشة بشكل قطع مستقيمة.

2) استنتاج قيمة المقاومة R :

- في المجال الأول $[0\,,1\,ms]$ يكون $u_{CB} = -\dfrac{L}{R}\,.\,a_1 \longrightarrow R = -\dfrac{L\,.\,a_1}{u_{CB}}$

حيث a_1 هو ميل المستقيم u_{CB} فيكون $a_1 = \dfrac{\Delta\, u_{CB}}{\Delta\, t} = \dfrac{1-0}{(1-0)\times 10^{-3}} = 10^3$

و يكون حسب المقياس $u_{CB}\,(1) = -\dfrac{1}{2}\times 20 = -10\,V$

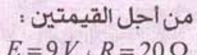
نحصل على ما يلي $R = -0{,}10 \times \dfrac{10^3}{-10} = 10\,\Omega$

تطبيق 6 دراسة تطور التيار الكهربائي المار بثنائي قطب $(R\,,L)$

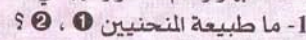
باستعمال وشيعة $(L\,,r)$ و ناقل أومي R و مولد (E) للتيار المستمر نحقق التركيب الجانبي بالاستعانة بجهاز راسم اهتزاز مهبطي.

(r, L) ، A ، B ، C ، Y_1 ، Y_2 ، G ، E ، R

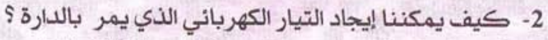
من أجل القيمتين :



$E = 9\,V$ ، $R = 20\,\Omega$ نحصل على المنحنيين ❶ ، ❷ اللذين يظهران على شاشة جهاز راسم الاهتزاز الهبطي.



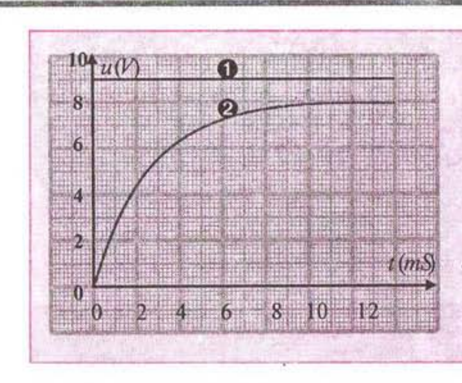
1- ما طبيعة المنحنيين ❶ ، ❷ ؟



2- كيف يمكننا إيجاد التيار الكهربائي الذي يمر بالدارة ؟
- ما هي شدة هذا التيار عند الوصول إلى حالة الإشباع ؟

3- احسب في اللحظة $t = 0$ المقدار $\dfrac{d\,i}{d\,t}$.

4-أ) أعط المعادلة التفاضلية للدارة، ثم استنتج قيمة ذاتية الوشيعة (L) و كذلك قيمة مقاومة المولد r .



ب) يعطي حل المعادلة التفاضلية للدارة المقدار

$$i(t) = I_0\,(1 - e^{-t/\tau})$$

- أوجد $i(\tau)$. ما هي قيمة ثابت الزمن τ من البيان ؟

جـ) احسب القيمة النظرية لـ τ .

- هل توافق هذه القيمة ما وجدته من البيان ؟

✓ الحل :

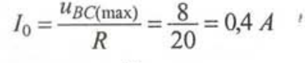
1) طبيعة المنحنيين (1) و (2):

- على المدخل Y_1 نشاهد منحنى التوتر الكلي المطبق بين طرفي المولد u_{AC} وهو ثابت قيمته $E = 9V$ المنحنى (1).
- و على المدخل Y_2 نشاهد منحنى التوتر المطبق بين طرفي الناقل الأومي u_{BC} .

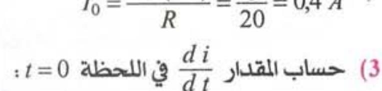
2) التيار الكهربائي المار بالدارة:

بالاعتماد على التوتر u_{BC} بين طرفي الناقل الأومي يكون $i = \frac{u_{BC}}{R}$

- عند الوصول إلى حالة الإشباع تكون الشدة العظمى لتيار الدارة هي حسب المنحنى (2)



$$I_0 = \frac{u_{BC(\max)}}{R} = \frac{8}{20} = 0{,}4\ A$$



3) حساب المقدار $\frac{di}{dt}$ في اللحظة $t = 0$:

لدينا $u_{BC} = R.i$ $\quad \frac{d\,u_{BC}}{dt} = R.\frac{di}{dt}$

ومنه يكون:

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}.\frac{d\,u_{BC}}{dt} \ .... (1)$$

فالمقدار $\frac{d\,u_{BC}}{dt}$ يمثل ميل المماس للمنحنى u_{BC} ففي اللحظة $t = 0$ يمس المماس المنحنى u_{BC} و يمر من النقطة $(3\ ms\ ,9\ V)$

فيكون ميله $\left.\frac{d\,u_{BC}}{dt}\right|_{t=0} \frac{\Delta u_{BC}}{\Delta t} = \frac{9-0}{3\times10^{-3}} = 3\times10^{3}\ V.S^{-1}$

بالتعويض في (3) نجد $\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{1}{20}\times 3\times10^{3} = 150\ A.S^{-1}$

4) أ) المعادلة التفاضلية للدارة:

$$E = r.i + L\,\frac{di}{dt} + R\,i = L\,\frac{di}{dt} + (r+R)\,i$$

في اللحظة $t=0$ يكون :

$i=0$ فنحصل على $E=L\left.\dfrac{di}{dt}\right|_{t=0}$ ومنه نجد:

$$L=\frac{E}{\left.\dfrac{di}{dt}\right|_{t=0}}=\frac{9}{150}=0{,}06\,H$$

- و عندما $t\to\infty$ فإننا نجد $\dfrac{di}{dt}\to 0$ و تنتهي الشدة i إلى القيمة العظمى I_0

فتصبح معادلة الدارة بالشكل:

$E=(r+R)\,I_0$ ومنه نجد $r=\dfrac{E}{I_0}-R=\dfrac{9}{0{,}4}-20=2{,}5\,\Omega$

ب) استعمال الحل $i(t)=I_0\,(1-e^{-t/\tau})$:

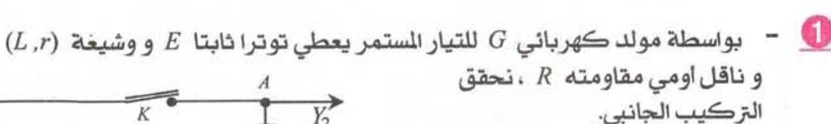
$$i(\tau)=I_0\,(1-e^{-1})=I_0\,(1-\frac{1}{e})=0{,}63\,I_0=0{,}63\times 0{,}4=5{,}67\,A$$

من البيان نلاحظ أن القيمة الموافقة لـ τ هي $\tau\approx 3\,ms$

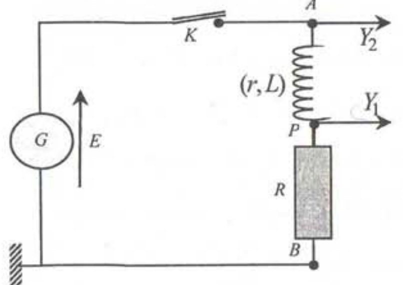
جـ) حساب τ نظريا:

$$\tau=\frac{L}{R+r}=\frac{0{,}06}{20+2{,}5}=2{,}7\times 10^{-3}\,S$$

و هي تقارب القيمة المحصل عليها بيانيا.



1 - بواسطة مولد كهربائي G للتيار المستمر يعطي توترا ثابتا E و وشيعة (L,r) و ناقل أومي مقاومته R ، نحقق التركيب الجانبي.



1- بين على الشكل جهة كل من التيار المار (i) ، و مثل بسهام تدرج التوتر الكهربائي بين كل عنصر كهربائي يظهر في الدارة.

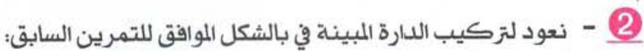
2- اعط عبارة التوتر u_{AB} في الحالتين:

ا) الدارة مفتوحة.

ب) الدارة مغلقة.

3- عندما تكون الدارة مغلقة، أوجد العبارات الحرفية لكل من u_{DA} ، u_{DB} .

4- بين ما هي المنحنيات المشاهدة على المدخلين Y_1 ، Y_2 لجهاز راسم الاهتزاز المهبطي الموصل بالدارة.



2 - نعود لتركيب الدارة المبينة في بالشكل الموافق للتمرين السابق:

1- عندما تكون الدارة مغلقة بين العبارات الصحيحة من بين العبارات التالية، حيث i يمثل التيار المار:

ا) $u_{AB} = R.i + L\dfrac{di}{dt}$

ب) $u_{AB} = r.i + L\dfrac{di}{dt}$

جـ) $u_{AB} = (r+R)i$

د) $u_{AB} = (r+R)i + L\dfrac{di}{dt}$

2- ما هي عبارة ثابت الزمن τ للدارة من بين الثوابت التالية:

$\tau_1 = \dfrac{L}{R}$ ، $\tau_2 = \dfrac{L}{r}$ ، $\tau_3 = \dfrac{r}{R}$ ، $\tau_4 = \dfrac{L}{r+R}$.

3- بين كيف يجب وصل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي بهذه الدارة إذا أردنا مشاهدة:

- التوتر u_R على المدخل Y_1 .

- التوتر u_{AD} على المدخل Y_2 .

3 * - في دارة كهربائية (R,L) يكون ثابت الزمن من أجل المقاومة R_1 و الذاتية L هو $\tau_1 = 10\ ms$ و يصبح هذا الثابت من أجل القيمة R_2 و نفس الذاتية مساويا القيمة $\tau_2 = 20\ ms$.

1- أوجد النسبة $\frac{R_1}{R_2}$

2- علما أن $R_1 = 10\,\Omega$ ، استنتج قيمتي L ، R_2 .

الجواب :

1- $\frac{R_1}{R_2} = 2$

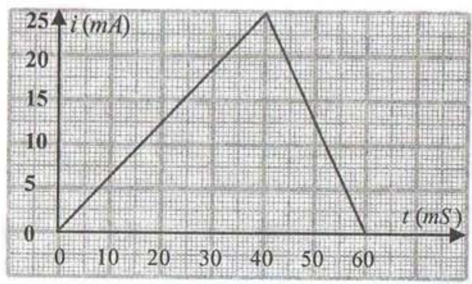
2- $L = 0{,}10\ H$ ، $R_2 = 5\,\Omega$

---

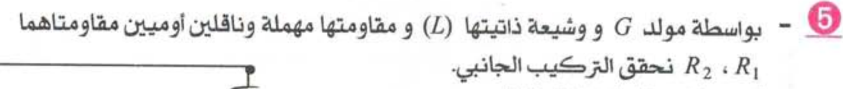
4 * - وشيعة تحريضية مقاومتها $r = 10\,\Omega$ و ذاتيتها $L = 0{,}4\ H$. نجعل تيارا متغير الشدة يجتازها كما في الشكل.

1- اكتب العبارتين اللحظيتين لشدة التيار المار في $i_1(t)$ ، $i_2(t)$ المجالين الزمنيين المبينين بالشكل على الترتيب.

2- اعط عبارة التوتر $u_1(t)$ للوشيعة في المجال الأول.



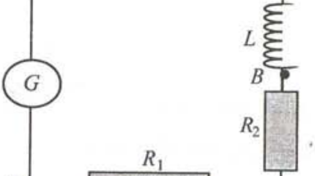

الجواب :


1- $i_1(t) = 0{,}625\,t\ (m\,A)$ ، $i_2(t) = (-1{,}25\,t + 75)\ (mA)$

2- $u_1(t) = (0{,}25 + 6{,}25\,t)\ mV$

---

5 - بواسطة مولد G و وشيعة ذاتيتها (L) و مقاومتها مهملة وناقلين أوميين مقاومتاهما R_1 ، R_2 نحقق التركيب الجانبي.



1- ماذا تمثل النقطة D ؟

2- بين أين يجب ربط مدخلي جهاز راسم اهتزاز مهبطي Y_1 ، Y_2 لمشاهدة:

ا) التوتر u_{CD} على المدخل Y_1 و u_{AD} على المدخل Y_2 .

ب) التوتر u_{AC} على المدخل Y_1 و u_{CD} على المدخل Y_2 .

3- نعتبر توصيل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي بحيث يكون u_{CD} على المدخل Y_1 ، u_{AB} على المدخل Y_2 .

ا) ماذا نشاهد على الشاشة ؟

ب) إذا كان المولد يعطي إشارة جيبية ( )، فما طبيعة الإشارة التي تظهر على المدخل Y_1

---

6 *- وشيعة ذاتيتها $L = 0,2\ H$ و مقاومتها $r = 10\ \Omega$ نجعل التيارات ذات الشدات التالية تجتازها: $i_1 = 0,1\ A$ ، $i_2 = 0,1\ Sin\ 50\ \pi\ t$ ، $i_3 = 0,1 - 0,1\ t$

1- ما هو التيار الذي يجعل الوشيعة تتحرض ؟ علل.

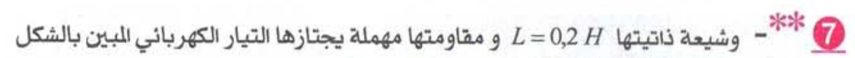
2- في أية حالة ينشأ بين طرفي الوشيعة:

ا) توتر ثابت.

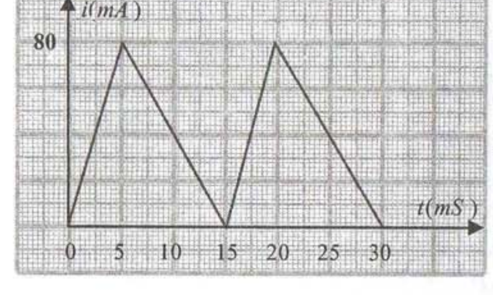
ب) توتر متناوب.

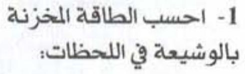
3- احسب قيمة التوتر الأعظمي بين طرفي الوشيعة في حالة التيار i_1 .

4- ارسم بيانات التيارات الثلاثة $i = f\ (t)$.



7 **- وشيعة ذاتيتها $L = 0,2\ H$ و مقاومتها مهملة يجتازها التيار الكهربائي المبين بالشكل





1- احسب الطاقة المخزنة بالوشيعة في اللحظات: $\frac{T}{3}$ ، $\frac{2T}{3}$ ، T حيث: T هو دور التيار.

2- احسب التوتر الكهربائي (u) المطبق بين طرفي الوشيعة في المجالين الزمنيين: $[0\,,5\ ms]$ ، $[5\ ms\,,15\ ms]$

3- ارسم البيانات $u\ (t)$ في المجال الزمني $[0\,,30\ ms]$.

الجواب :

1- $6,4 \times 10^{-4}\ J$ ، $1,6 \times 10^{-4}\ J$ ، 0

2- $u_1 = 3,2\ V$ ، $u_2 = -1,6\ V$

---

8 **- تحتوي دارة على الأجهزة الكهربائية التالية مربوطة على التسلسل:

- مولد كهربائي يعطب بين طرفيه توترا ثابتا $E = 5\ V$ و وشيعة $(r\,,L)$ و ناقل أومي مقاومته r' و قاطعة K.

في اللحظة $t = 0$ نغلق القاطعة K .

1- ارسم مخطط الدارة مبينا كيفية وصل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي كي يسمح بمشاهدة منحنى التيار الكهربائي المار بالدارة.

2- اعط عبارة المعادلة

التفاضلية للدارة، ثم أوجد حل هذه المعادلة بالشكل

$$i = A + B\,e^{-\lambda t}$$

ماذا يمثل كل من A ، B ، λ ؟

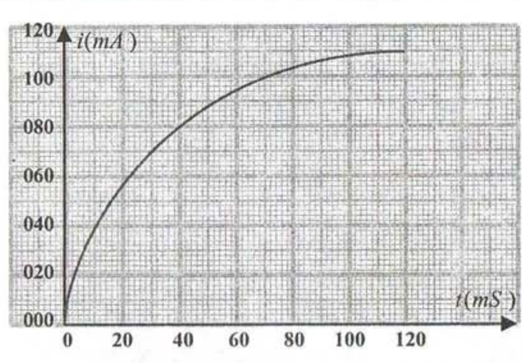
3- يبين الشكل المرفق منحنى التيار المار:

- استنتج بالاعتماد على هذا البيان قيم الثوابت:

R : مقاومة الدارة.

τ : ثابت الزمن لثنائي القطب (R,L) .

L : ذاتية الوشيعة.



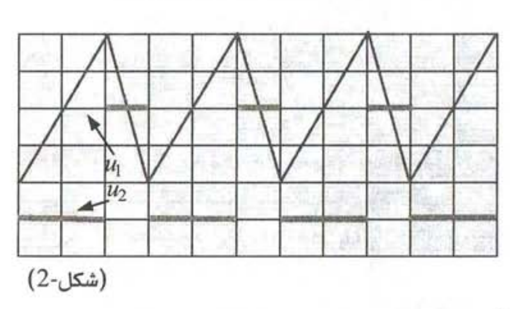


الجواب :

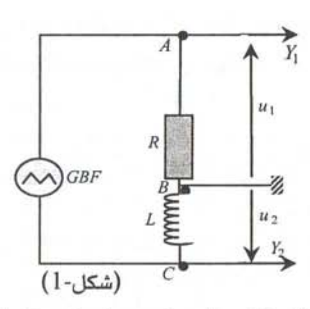
1- $R = 54{,}5\,\Omega$ ، $\tau = 7\,ms$ ، $L = 0{,}38\,H$

9 **

- نحقق التركيب الجانبي (شكل-1) باستعمال مولد للتواترات المنخفضة GBF يعطي إشارة مثلثية بشكل سن المنشار، ومقاومة $R = 2\,K\Omega$ و وشيعة ذاتيتها (L) ومقاومتها مهملة. يعطي جهاز راسم الاهتزاز المهبطي الموصل بالدارة منحنيي التوترين (u_1) ، $(-u_2)$ بين طرفي الناقل الأومي و الوشيعة على الترتيب كما يظهر على (شكل-2).



(شكل-2)



(شكل-1)

1- لماذا يظهر التوتر (u_2) مقلوبا ؟

2- كيف تفسر ما يلي:

ا) الدالة u_1 تكون بشكل سن المنشار ، ب) الدالة u_2 تكون مربعة.

3- برهن أن $u_2 = -\lambda$ ماذا يمثل الثابت λ ؟

4- علما أن ضبط الجهاز قد تم كما يلي:

- المسح الأفقي: $1\,ms \longrightarrow 1\,Div$

حساسية المدخل u_1: $1\,V \longrightarrow 1\,Div$ ، حساسية المدخل u_2: $0{,}5\,V \longrightarrow 1\,Div$

استنتج ما يلي:

ا) الشدة العظمى للتيار المار (I_0).

ب) ذاتية الوشيعة.



الجواب:

4- ا) $I_0 = 2\,mA$ ب) $L = 0{,}75\,H$

---

⑩ ** - نحقق دارة كهربائية تحتوي على التسلسل مولد يعطي توترا ثابتا $E = 12\,V$ و معدلة مقاومتها R و وشيعة مهملة المقاومة يمكن تغيير ذاتيتها (L).

1- نثبت مقاومة المعدلة على القيمة R_1 و نغلق الدارة فنحصل على منحنى التيار المار ❶.

استنتج قيمة R_1 و مقدار ثابت الزمن τ_1 و قيمة ذاتية الوشيعة L_1

2- نثبت ذاتية الوشيعة عند القيمة L_1 و نغير مقاومة المعدلة لتصبح R_2 فنحصل على المنحنى ❷.

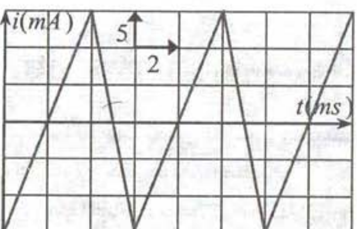
استنتج:

- قيمة الثابت τ_2 للدارة و قيمة المقاومة R_2.

3- نثبت الذاتية عند القيمة $L_3 = L_1$ و نجعل مقاومة الوشيعة $R = R_3$ فنحصل على المنحنى ❸، استنتج τ_2 و R_3. ماذا يمكنك استنتاجه من التجارب الثلاثة ؟

---

⑪ ** - وشيعة مقاومتها مهملة و ذاتيتها $L = 0{,}2\,H$، نطبق بين طرفيها توترا بشكل سن المنشار فيمر بها التيار المبين بالشكل.



- اكتب عبارتي الشدتين $i_1(t)$ ، $i_2(t)$ للتيار المار خلال نصفي الدور الأول والثاني. استنتج قيمة التوتر المطبق بين طرفي الوشيعة خلال هذين المجالين الزمنيين.

3- مثل على نفس المعلم السابق التوتر اللحظي $u(t)$ في المجال الزمني $[0, 16\,ms]$.

---

⑫ ** - نربط بين طرفي مولد للتواترات المنخفضة GBF على التسلسل الأجهزة الكهربائية التالية، ناقل أومي مقاومته $R = 45\,\Omega$ و وشيعة ذاتيتها $L = 0{,}02\,H$

و مقاومتها (r) . ثم نصل المجموعة براسم اهتزاز مهبطي بحيث نصل مدخله الأول Y_1 بين طرفي الناقل الأومي، و مدخله الآخر Y_2 بين طرفي الوشيعة، فنشاهد على شاشته المنحنيين ❶ ، ❷ الموافقين للتوترين المطبقين بين الناقل الأومي و الوشيعة على الترتيب، و قد تم تعديل المولد على التواتر $f = 5\ HZ$.

1- ما طبيعة الإشارة التي يعطيها المولد GBF ؟ علل.

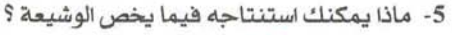
2- ارسم مخطط الدارة.

3- كيف تفسر ظهور التيار بين طرفي كل من الناقل الأومي و الوشيعة بشكل سن المنشار ؟

4- علما أنه قد تم ضبط الجهاز بالشكل التالي:

- حساسية المدخل Y_1 : $1{,}5\ V \longrightarrow 1\ Div$
- حساسية المدخل Y_2 : $0{,}5\ V \longrightarrow 1\ Div$
- استنتج من ذلك:

ا) مقدار المسح الأفقي $\Delta t\ /\ Div$.



ب) القيمتين u_1 ، u_2 للتوترين الأعظميين بين طرفي الناقل الأومي و الوشيعة.

جـ) الشدة الأعظمية للتيار المار (I_0) و مقدار التوتر الأعظمي u_0 الذي يعطيه المولد.

5- ماذا يمكنك استنتاجه فيما يخص الوشيعة ؟

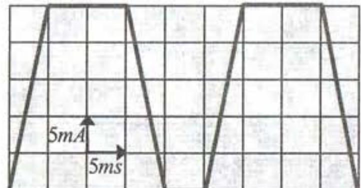


الجواب :

4- ا) $0{,}05\ S\ /\ Div$ ب) $u_1 = 4{,}5\ V$ ، $u_2 = 0{,}5\ V$ ، $u_0 = 5\ V$

---

⑬ ** - نجعل التيار الكهربائي الممثل بالشكل الجانبي يجتاز وشيعة ذاتيتها $L = 0{,}05\ H$ و مقاومتها مهملة.



1- برهن بالاعتماد على مظهر التيار أن التوتر المطبق بين طرفي الوشيعة يكون ثابتا، استنتج مقدار هذا الثابت.

2- ارسم على نفس المعلم السابق المنحنى البياني $u\,(t)$.

3- احسب الطاقة الكهرومغناطيسية العظمى التي تخزنها الوشيعة نتيجة مرور هذا التيار .



الجواب :

1- $u = 62{,}5\ mv$

3- $E_m = 15{,}6 \times 10^{-6}\ J$

---

⑭ * - وشيعة ذاتيتها $L = 0{,}2\ H$ يجتازها تيار متناوب جيبي بالشكل $i\,(t) = I_0\ Cos\ \omega t$

تواتره $f = 50\ HZ$ و شدته العظمى $u_0 = 0{,}1\ A$ حيث ω نبض هذا التيار.

1- اكتب المعادلة الزمنية للتوتر $u\ (t)$ الناشئ بين طرفي الوشيعة.

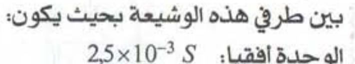
2- أوجد القيمة العظمى لهذا التوتر، ثم أنشئ البيانين $i\ (t)$ ، $u\ (t)$ على نفس المعلم.


الجواب :

1- $u\ (t) = 3{,}14\ Cos\ 100\ \pi\ t$

---

15 *- تربط وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها (L) بين طرفي مولد للتيار المتناوب فيمر بالدارة تيار شدته المنتجة $0{,}2\ m\ A$. يبين الشكل المرفق منحنيي التيار ❶ و التوتر ❷ المطبق بين طرفي هذه الوشيعة بحيث يكون:



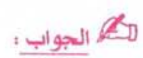
الوحدة افقيا: $2{,}5 \times 10^{-3}\ S$

الوحدة شاقوليا: $0{,}1 A / Div$ (للتيار)

و $3{,}14 V / Div$ (للتوتر).

1- استنتج I_0 ، u_0 القيمتين الأعظميتين لكل من الشدة والتوتر .

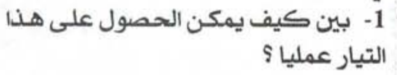
2- علما ان شدة التيار المتناوب الذي يجتاز الدارة تكون بالشكل $i\ (t) = I_0\ Cos\ \dfrac{2\pi t}{T}$ حيث T الدور. أوجد ذاتية الوشيعة (L) .


الجواب :

2- $L = 0{,}10\ H$

---

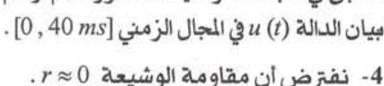
16 **- وشيعة ذاتيتها $L = 0{,}10\ H$ و مقاومتها $r = 5\Omega$ يجتازها تيار متغير الشدة كما في الشكل المرفق.



1- بين كيف يمكن الحصول على هذا التيار عمليا ؟

2- اكتب معادلات التيار $i\ (t)$ في المجالات الزمنية الثلاثة الأولى المتتالية.

3- استنتج العبارات اللحظية للتوتر المطبق في المجالات الزمنية المذكورة. ثم ارسم بيان الدالة $u\ (t)$ في المجال الزمني $[0\ ,\ 40\ ms]$.



4- نفترض أن مقاومة الوشيعة $r \approx 0$.

ا) أوجد العبارات اللحظية $u\ (t)$ للتوتر المطبق في المجالات الثلاثة الأولى، ثم استنتج رسما بيانيا لهذه الدالة في المجال الزمني $[0\ ,\ 80\ ms]$.


الجواب :

2- $i_1\ (t) = 20\ t$ ، $i_2\ (t) = 0{,}2$ ، $i_3\ (t) = -20\ t + 0{,}6$

3- $u_1=100t+2$ ، $u_2=100$ ، $u_3=-100t+1$

4- أ) $u_1=2$ ، $u_2=0$ ، $u_3=-2$

---

17 ** - يمثل البيان المرفق التوتر اللحظي $u_R\,(t)$ المطبق بين طرفي ناقل أومي مقاومته R مربوط على التسلسل مع وشيعة ذاتيتها (L) ومقاومتها مهملة، أثناء قطع التيار عنهما.



1- لماذا يتناقص التيار ببطء ؟

2- ارسم عند اللحظة $t=0$ المماس للمنحنى $u_R\,(t)$.

- استنتج ثابت الزمن لثنائي القطب $(R\,,L)$.

3- أوجد بيانيا زمن نصف العمر $t_{\frac{1}{2}}$ للتوتر المطبق، ثم تأكد من النتيجة نظريا.

4- لتكن عبارة التوتر النظرية $u\,(t)=-u_0\,e^{-t/\tau}$. أوجد القيم التالية:

$u\,(0)$ ، $u\,(\tau)$ ، $u\,(t_{\frac{1}{2}})$ ، $u\,(0{,}4)$ ، $u\,(\infty)$.

---

18 *** - نحقق التركيب الجانبي (شكل-1) باستعمال مقاومة كهربائية قيمتها $R=2\times10^3\ \Omega$ و وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها (L) . نربط بين طرفي المجموعة مولد للتواترات المنخفضة GBF يعطي توترا بشكل سن المنشار.

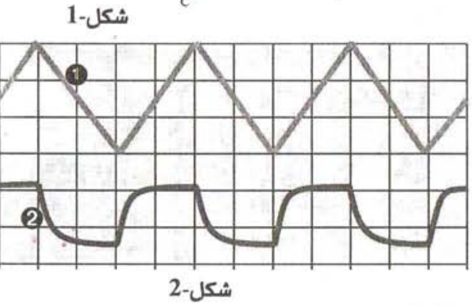
نوصل جهاز راسم اهتزاز مهبطي بالدارة كما في الشكل، نغلق القاطعة.

1- ما هي الإشارة التي ندخلها على الجهاز على كل مدخل ؟

2- على شاشة الجهاز نلاحظ المنحنيين ❶ على المدخل الأول Y_1 والثاني على المدخل Y_2 يكون مقلوبا.

و باستعمال الزر العاكس نصحح وضعيته فيظهر حسب المنحنى ❷ (شكل-2) .

شكل-1



شكل-2

ا) لماذا يظهر المنحنى ❷ مقلوبا في البداية ؟

ب) كيف تفسر طبيعة المنحنيات التي تظهر على الشاشة ؟

3- علما أنه تم ضبط الجهاز بالشكل التالي:

- المسح الأفقي: $1\,ms/Div$ حساسية المدخلين:

$(Y_1)\,4\,V/Div$ ، $(Y_2)\,0{,}2\,V/Div$

ا) احسب التوترين الأعظميين u_{01} ، u_{02} على المدخلين Y_1 ، Y_2 على الترتيب،

ثم استنتج المقدار $\frac{di}{dt}$. اعط الشدة العظمى I_0 للتيار المار.

ب) استنتج ذاتية الوشيعة (L) .



الجواب :

3. ا) $u_{01} = 8\,V$ ، $u_{02} = 0{,}2\,V$ ، $I_0 = 4\,mA$

ب) $L = 0{,}10\,H$

حركة الكواكب

و الأقمار

الصناعية



تطبيقات نموذجية

تطبيق 1 حركة قمر صناعي في حقل الجاذبية الأرضية

قمر اصطناعي كتلته m يرسم أثناء دورانه مسارا دائريا حول الأرض نصف قطره r و مركزه النقطة (O) مركز الأرض.

1-ا) اعط عبارة القوة الجاذبة $\vec{F}$ المؤثرة على هذا القمر الاصطناعي بدلالة G (ثابت الجذب العام) و كتلة الأرض M_T و m ، r . حدد مميزات هذه القوة.

ب) برهن أن حركة القمر الصناعي تكون دائرية منتظمة.

جـ) أوجد عبارة السرعة υ بدلالة نصف قطر الأرض R و التسارع الأرضي g_0 على سطح الأرض و g على المدار.

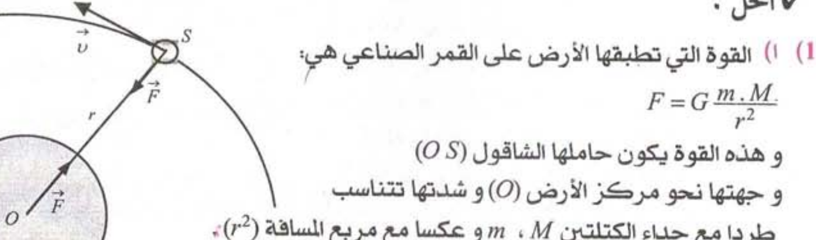
2- علما أن السرعة الزاوية للقمر الصناعي هي $\omega = 1{,}083\times10^{-3}\ rad.S^{-1}$

احسب سرعته الخطية υ و الارتفاع h الذي يدور عليه بالنسبة لسطح الأرض.

- استنتج شدة الجاذبية الأرضية g عند هذا الارتفاع.

(يعطى نصف قطر الأرض $R = 6370\ Km$ ، $g_0 = 9{,}8\ m.S^{-2}$).

✓ الحل :



1) ا) القوة التي تطبقها الأرض على القمر الصناعي هي:

$$F = G\frac{m.M}{r^2}$$

و هذه القوة يكون حاملها الشاقول $(O\,S)$

و جهتها نحو مركز الأرض (O) و شدتها تتناسب

طردا مع جداء الكتلتين M ، m و عكسا مع مربع المسافة (r^2).

ب) محصلة القوى المؤثرة على القمر الاصطناعي هي القوة الجاذبة $\vec{F}$ التي تتجه نحو مركز المسار (O) فهي قوة مركزية جاذبة فيكون:

التسارع المكتسب ناظميا $\vec{a_N}$ و الحركة دائرية منتظمة.

جـ) قوة جذب الأرض $\vec{F}$ للقمر الصناعي تكون بقدر ثقله $\vec{P}$:

ومنه يكون: $F = m\,g = G\frac{m\,M}{r^2}$

$g = G\frac{M}{r^2}$ الجاذبية على بعد r من الأرض.و على سطح الأرض تكون $g_0 = G\frac{M}{R^2}$

بقسمة g على g_0 نجد :

$$g = g_0 \cdot \frac{R^2}{r^2}$$

بتطبيق قانون نيوتن الثاني يكون $\vec{F} = m . \vec{a}$

$$mg = m . a_N \rightarrow a_N = g$$

بالتعويض نجد:

$$\frac{\upsilon^2}{r} = g_0 \frac{R^2}{r^2} \rightarrow \upsilon = \sqrt{g_0 \frac{R^2}{r}} \text{ .... (1)}$$

2) لدينا $\upsilon = \omega r$.......(2)

من العلاقة (1) نجد $r = \frac{g_0 R^2}{\upsilon^2}$ ومن العلاقة (2) نجد $r = \frac{\upsilon}{\omega}$

بقسمة العلاقتين طرفا لطرف نجد أن $1 = \frac{g_0 R^2}{\upsilon^2} \times \frac{\omega}{\upsilon}$ فنحصل على ما يلي:

$$\upsilon^3 = g_0 . R^2 . \omega \rightarrow \upsilon = \sqrt[3]{g_0 . R^2 . \omega}$$

$$\upsilon = \sqrt[3]{9{,}8 \times (6370 \times 10^3)^2 \times 1{,}083 \times 10^{-3}}$$

$$= 7{,}55 \times 10^{-3}\ m . S^{-1} = 7{,}55\ Km . S^{-1}$$

- لدينا $r = \frac{\upsilon}{\omega}$ حيث $r = R + h$ فيكون :

$$h = r - R$$

$$= \frac{\upsilon}{\omega} - R = \frac{7{,}55 \times 10^{-3}}{1{,}083 \times 10^{-3}} - 6370 \times 10^3$$

$$\approx 603 \times 10^3\ m = 603\ Km$$

- من العلاقة $g = g_0 = \frac{R^2}{r^2}$ يكون :

$$g = 9{,}80 \left(\frac{6370}{6370 + 603}\right)^2 = 8{,}18\ m . S^{-2}$$



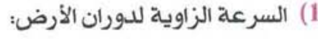
تطبيق 2 إيجاد سرعة نقطة من محيط الأرض

يبلغ نصف قطر الأرض المقدار $R = 6380\ Km$ و تدور حول نفسها في 24 ساعة تقريبا.

1- احسب سرعتها الزاوية ثم سرعة نقطة من محيطها M_0 تقع على خط الاستواء.

2- ما هي سرعة نقطة أخرى M من محيط الأرض يصنع شعاع موضعها مع خط الاستواء زاوية $\theta = 45°$ ؟

✓ الحل :



1) السرعة الزاوية لدوران الأرض:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24 \times 3600} = 7{,}26 \times 10^{-5}\ rd/S$$

سرعة النقطة M_0 التي تقع على خط الاستواء

$$\upsilon_0 = R\,.\,\omega = 6380 \times 10^3 \times 7{,}26 \times 10^{-5} = 463\ S$$

2) النقطة M على محيط الأرض و التي لها نفس خط العرض يكون لها نفس السرعة الزاوية للدوران و تختلف سرعتها الخطية لأنها تدور على مسار دائري آخر مختلف نصف قطره r .

بحيث يكون:

$\omega = \frac{\upsilon_0}{R} = \frac{\upsilon}{r}$ فنجد $\upsilon = \omega\,.\,r$ حيث أن $Cos\,\theta = \frac{r}{R} \longrightarrow r = R\,Cos\,\theta$

بالتعويض نجد ما يلي:

$$\upsilon = \omega\,.\,R\,.\,Cos\,\theta = \upsilon_0\,Cos\,\theta = 463 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 327\ m/S$$

تطبيق ❸ شعاعا السرعة و التسارع الوسطيين في الحركة الدائرية الم[illegible]ة

> تدور نقطة مادية (M) على محيط دائرة مركزها (O) و نصف قطرها $r = 10\,Cm$ بسرعة ثابتة قدرها $0{,}2\,\pi\,m\,.\,S^{-1}$. في اللحظة $t = 0$ تمر من مبدأ الفواصل المنحنية (A) في الاتجاه الموجب للحركة.
>
> 1- احسب السرعة الزاوية للحركة و دورها.
>
> 2- اكتب معادلة حركتها $\theta = f\,(t)$
>
> 3- أوجد بين اللحظتين $t_1 = 0{,}25\,S$ ، $t_2 = 0{,}50\,S$ شدة شعاعي السرعة و التسارع الوسطيين للحركة و بين اتجاههما.

✓ الحل :

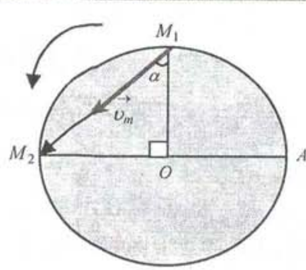
1) حساب السرعة الزاوية للحركة و دورها :

$$\omega = \frac{\upsilon}{r} = \frac{0{,}20\,\pi}{0{,}10} = 2\,\pi\,rad\,.\,S^{-1} \quad ، \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1\,S$$

2) معادلة الدوران $\theta = f\,(t)$

$\theta = \omega t + \theta_0$. لما $t = 0$ يكون $\theta = 0$ ، $\omega \rangle 0$ فنجد بالتعويض ما يلي:

$0 = \omega \times 0 + \theta_0 \Rightarrow \theta_0 = 0$. نحصل على المعادلة $\theta = 2\,\pi\,t$



3) حساب شدة الشعاع $\vec{\upsilon}_m$ بين اللحظتين t_1 ، t_2

في اللحظة $t_1 = 0{,}25\ S$ يكون موضع المتحرك هو M_1

المحدد بالفاصلة الزاوية $\theta_1 = 2\,\pi \times 0{,}25 = \frac{\pi}{2}$

و في اللحظة $t_2 = 0{,}50\ S$ يكون هو الموقع M_2

المحدد بالفاصلة الزاوية $\theta_2 = 2\,\pi \times 0{,}5 = \pi$

شعاع السرعة $\vec{\upsilon}_m$ بين اللحظتين t_1 ، t_2 هو $\vec{\upsilon}_m = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{\Delta t}$ و شدته هي:

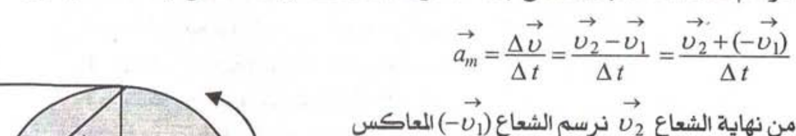
$\left\|\vec{\upsilon}_m\right\| = \frac{\left\|\overrightarrow{M_1M_2}\right\|}{\Delta t}$ حيث يكون $\left\|\overrightarrow{M_1M_2}\right\| = \sqrt{r^2 + r^2} = r\sqrt{2}$. ومنه نجد:

$$\left\|\vec{\upsilon}_m\right\| = \frac{r\sqrt{2}}{\Delta t} = \frac{0{,}1\sqrt{2}}{0{,}50 - 0{,}25} = 0{,}564\ m\,.\,S^{-1}$$

و هذا الشعاع محمول على شعاع الانتقال $\overrightarrow{M_1M_2}$ و موجه في نفس جهته. و تتعين هذه الجهة بالزاوية α بحيث يكون $\tan\alpha = \frac{r}{r} = 1 \Rightarrow \alpha = 45°$

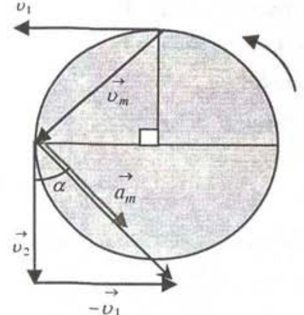
- إيجاد شعاع التسارع الوسطي $\vec{a}_m$ بين اللحظتين t_1 ، t_2:

طويلة شعاع السرعة $\left\|\vec{\upsilon}_1\right\| = 0{,}2\,\pi\ m\,.\,S^{-1}$ و هو ثابت الشدة.



نرسم عند النقطة M_1 الشعاع $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_1$ و عند النقطة M_2 الشعاع $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_2$ فيكون:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t} = \frac{\vec{\upsilon}_2 - \vec{\upsilon}_1}{\Delta t} = \frac{\vec{\upsilon}_2 + (-\vec{\upsilon}_1)}{\Delta t}$$



من نهاية الشعاع $\vec{\upsilon}_2$ نرسم الشعاع $(-\vec{\upsilon}_1)$ المعاكس لـ $\vec{\upsilon}_1$ فيكون:

$$\left\|\Delta\vec{\upsilon}\right\| = \left\|\vec{\upsilon}_1 - \vec{\upsilon}_2\right\| = \sqrt{{\upsilon_1}^2 - {\upsilon_2}^2} = \upsilon_1\sqrt{2}$$

ومنه نجد:

$$\left\|\vec{a}_m\right\| = \frac{\left\|\Delta\vec{\upsilon}\right\|}{\Delta t} = \frac{\upsilon\sqrt{2}}{\Delta t} = \frac{0{,}2\,\pi - \sqrt{2}}{0{,}25} = 3{,}542\ m\,.\,S^{-2}$$

و هذا الشعاع محمول على الشعاع $\Delta\vec{\upsilon}$ و موجه في نفس جهته بحيث $[\vec{\upsilon}_2, \vec{a}_m] = 45°$

تطبيق 4 الحركة الظاهرية لجسم داخل مصعد و داخل قمر صناعي

كتلة نقطية m مثبتة بنهاية ربيعة موجودة داخل مصعد تشير في حالة السكون إلى الشدة $0,49N$.

1- بأخذ شدة الجاذبية الأرضية $g = 9,80\ m . S^{-2}$ في ذلك المكان.

ا) احسب مقدار استطالة نابض الربيعة، إذا كان ثابت مرونته $K = 49\ N.m^{-1}$.

2- يرتفع المصعد نحو الأعلى ابتداء من السكون فتشير الربيعة إلى الشدة $0,53\ N$ أثناء هذه الحركة:

ا) إلى ماذا تشير قراءة الربيعة هذه ؟ كيف تفسر قيمة و اتجاه تغير الثقل ؟

ب) استنتج مقدار تسارع المصعد.

جـ) ما هو الثقل الظاهري لشخص كتلته $m = 60\ Kg$ موجود بالمصعد.

- في أية ظروف يفقد هذا الشخص وزنه ؟

3- تثبت الربيعة و الكتلة (m) شاقوليا داخل مركبة فضائية تدور في مدار دائري حول الأرض، بحيث تكون حركتها دائرية منتظمة على ارتفاع $h = 500\ Km$ من سطح الأرض. إذا كان نصف قطر الأرض هو $R = 6370\ Km$

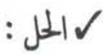
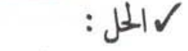
ا) احسب شدة شعاع تسارع الجاذبية الأرضية $\vec{g}$ على هذا الارتفاع.

ب) احسب قوة جذب الأرض للكتلة (m) .

جـ) إلى ماذا تشير الربيعة على هذا الارتفاع ؟ علل.

4- تدور المركبة الفضائية بالشروط السابقة حول الأرض، و تمر من شاقول المدينة (A) الواقعة على سطح الأرض على الساعة 12 ، ثم من المدينة (B) . الواقعة على نفس خط العرض بعد 14,2 min . أوجد البعد بين المدينتين على سطح الأرض.

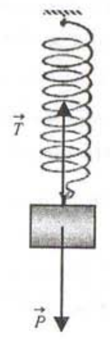
(يعطى $G = 6,67 \times 10^{-11}$ ثابت التجاذب الكوني).

✓ الحل :



1) ا) ايجاد قيمة الكتلة (m) :



في حالة السكون $\vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$ ومنه $T - P = 0$.

و يكون:

$T = P = 0,49\ N$ دلالة الربيعة ومنه نجد :

$$m . g_0 = p \longrightarrow m = \frac{P}{g_0} = \frac{0,49}{9,8} = 0,05\ Kg$$

إذن $m = 50\ g$

ب) استطالة النابض:

من العلاقة $T = K . \Delta l$ يكون $\Delta l = \frac{T}{K} = \frac{0,49}{49} = 0,01\ m$. إذن $\Delta l = 1\ Cm$

قراءة الربيعة أثناء الحركة الصاعدة:

تشير الربيعة في كل لحظة إلى توتر النابض الذي يدل في كل لحظة على مقدار الثقل المعلق والذي تتغير قيمته بتغيير التسارع. فهو ثقل ظاهري يزداد أثناء الصعود بسبب تأثير التسارع.

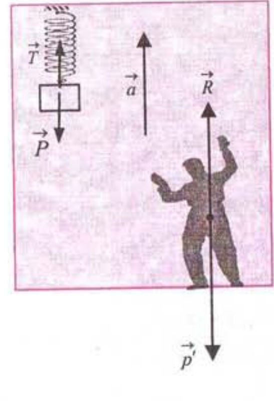
تسارع المصعد:

بتطبيق قانون نيوثن الثاني على مركز عطالة الربيعة يكون :

$$\vec{T} + \vec{P} = m\,\vec{a}$$

بالإسقاط $T - m\,g = m\,a$ ومنه:

$$a = \frac{T - m\,g}{m} = \frac{0{,}53 - 0{,}05 \times 9{,}8}{0{,}05} = 0{,}8\ m\,.\,S^{-2}$$



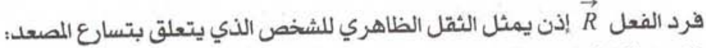
جـ) الثقل الظاهري للشخص الموجود بالمصعد

يخضع الشخص إلى قوة ثقله $\vec{P'}$ و رد فعل أرضية المصعد $\vec{R}$ عليه.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني نجد:

بالإسقاط يكون: $\vec{R} + \vec{P'} = m\,\vec{a}$

$R - m\,g = m\,a$ ومنه $R = m\,(g + a)$



فرد الفعل $\vec{R}$ إذن يمثل الثقل الظاهري للشخص الذي يتعلق بتسارع المصعد:

ففي حالة السكون $(a = 0)$ يكون هذا الثقل حقيقيا $R = m\,g$

و في حالة الحركة المتسارعة نحو الأعلى يزداد ويصبح أكبر من الثقل الحقيقي وقيمته:

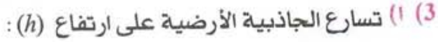
$$R = m\,(g + a) = 60\,(9{,}8 + 0{,}8) = 636\ N$$

أما الظروف التي يمكن فيها لهذا الشخص أن يفقد وزنه فهي الظروف التي يحس فيها بانعدام ثقله. ويكون ثقله الظاهري $R = 0$.

أي أن $0 = m\,(g + a)$ منه $g + a = 0$ ينتج أن $a = -g$

إذن يحدث انعدام الوزن، عندما تكون حركة المصعد متباطئة نحو الأعلى بتسارع مساو لتسارع الجاذبية الأرضية. ولكن هذا صعب التحقيق.

ولو كانت الحركة تتم نحو الأسفل، فإنه يكون $R = m\,(g - a)$ من أجل $a = g$



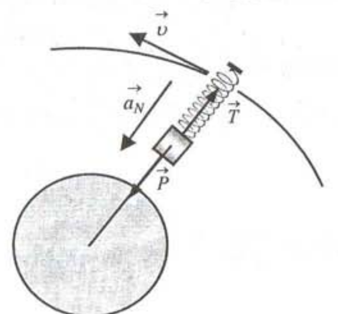
فهنا يفقد الشخص وزنه إذا كانت الحركة متسارعة بتسارع $a = +g$

ويتم هذا بجعل المصعد يسقط سقوطا حرا.

3) ا) تسارع الجاذبية الأرضية على ارتفاع (h) :

$$g = g_0 \frac{r^2}{(r + h)^2}$$

$$= 9{,}80\,\left(\frac{6370}{6370 + 500}\right) = 8{,}42\ m\,.\,S^{-2}$$



ب) قوة جذب الأرض للكتلة (m) :

$$F = P = m\,g = 0{,}05 \times 8{,}42 = 0{,}421\ N$$

جـ) دلالة الربيعة على الارتفاع المذكور

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الكتلة (m) :

$\vec{T} + \vec{P} = m\,\vec{a}_N$ بالإسقاط $m\,g - T = m\,a_N$ ومنه:

$$T = m\,(g - a_N) \,......... (1)$$

و بتطبيق قانون نيوتن الثاني على مركز عطالة المركبة الفضائية أثناء الدوران يكون،

$\vec{P'} = m\,\vec{a}_N$ ومنه $m'\,g = m'\,a_N$ نحصل على ما يلي:

$$a_N = g \,........ (2)$$

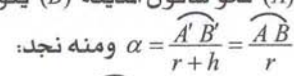
فتسارع الحركة إذن بقدر تسارع حقل الجاذبية الأرضية في تلك النقطة و هو نفسه تسارع حركة الكتلة النقطية (m) .

بالتعويض في العلاقة (1) نجد $T = 0$.

فالربيعة تشير على انعدام ثقل الكتلة (m) و هذا ما يسببه التسارع.

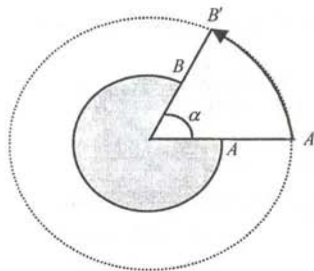
4) إيجاد البعد بين المدينتين A ، B على سطح الأرض

عندما تدور المركبة على مدارها حول الأرض زاوية (α) ، أثناء انتقالها من شاقول المدينة (A) نحو شاقول المدينة (B) يكون:



$\alpha = \dfrac{\widehat{A'B'}}{r+h} = \dfrac{\widehat{AB}}{r}$ ومنه نجد:

$$\widehat{AB} = \alpha\,.\,r \,.......... (1)$$



الحركة دائرية منتظمة فيكون:

$$\alpha = \omega\,t = \frac{\upsilon^2}{r+h}t \,............ (2)$$

و لدينا $a = g = \dfrac{\upsilon}{r+h}$ فيكون:

$$\upsilon = \sqrt{g(r+h)}$$
$$= \sqrt{8{,}42(6370+500)\times 10^3} \cong 7600 mS^{-1}$$

وهي سرعة المركبة الفضائية على مدارها.

بالتعويض في العلاقة (2) نجد $AB = 0{,}942 \times 6370$

إذن $\widehat{AB} = 6000Km$ البعد بين المدينتين.



تطبيق 5 — حركة الأقمار الصناعية

يوضع قمران صناعيان (L_1) ، (L_2) على مدارين استوائيين حول الأرض على الارتفاعين $h_1 = 600\ Km$ ، $h_2 = 800\ Km$ على الترتيب. بحيث تكون حركتهما حول الأرض دائرية منتظمة.

1- إذا أخذنا قيمة الجاذبية الأرضية على سطح الأرض $g = 10\ m\,.\,S^{-2}$ فاستنتج

قيمتيها على الارتفاعين المذكورين ، ثم استنتج قيمتي السرعتين υ_1 ، υ_2 للقمرين الصناعيين على مداريهما حتى تكون حركتهما دائرية منتظمة.
يعطى نصف قطر الأرض مساويا $6400\ Km$.

2- كم من مرة في اليوم يظهر كل من القمرين الصناعيين لمراقب أرضي موجود في نقطة من خط الاستواء؟ أدرس الحالات المختلفة الممكنة.

3- احسب الدور الظاهري للقمر الصناعي (L_2) بالنسبة لمراقب جوي موجود في القمر الصناعي (L_1) ، ثم استنتج مقدار الزاوية التي تدورها الأرض حينئذ.

4- إذا أردنا أن نجعل دور القمر الصناعي (L_1) و هو على الارتفاع المذكور $T = 24\ h$ ، بحيث يكون دورانه في نفس اتجاه دوران الأرض:

ا) احسب السرعة الخطية الموافقة.

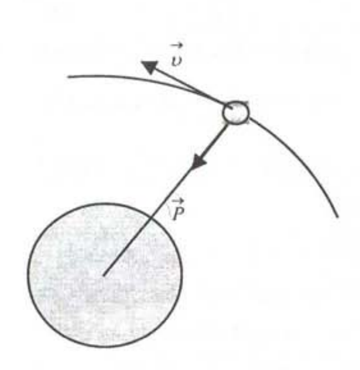
ب) فسر كيف يبدو هذا القمر الصناعي بالنسبة لمراقب أرضي مرتبط بها ؟ بماذا توحي إليك هذه الفكرة ؟!

✓ الحل :

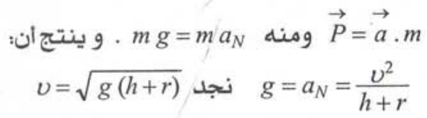
1) ترتبط g على ارتفاع (h) من سطح الأرض بالعلاقة $g = g_0 \frac{R^2}{(R+r)^2}$ ومنه:

$$g_1 = 10\left(\frac{6400}{6400+600}\right)^2 \cong 8{,}36\ m\,.S^{-2}$$

$$g_2 = 10\left(\frac{6400}{6400+800}\right)^2 \cong 7{,}90\ m\,.S^{2}$$



بتطبيق قانون نيوتن الثاني على مركز عطالة الجملة كلها يكون:



$\vec{P} = \vec{a}\,.m$ ومنه $m\,g = m\,a_N$. و ينتج أن:

$g = a_N = \frac{\upsilon^2}{h+r}$ نجد $\upsilon = \sqrt{g\,(h+r)}$

ومنه يكون:

$$\upsilon_1 = \sqrt{8{,}36 \times 7 \times 10^6} \cong 7650\ m\,.S^{-1}$$

$$\upsilon_2 = \sqrt{7{,}9 \times 7{,}2 \times 10^6} \cong 7542\ m\,.S^{-1}$$

و السرعتان الزاويتان الموافقتان هما:

$$\omega_1 = \frac{\upsilon_1}{R+h_1} = \frac{7650}{7\times10^6} = 1092{,}86\times10^{-6}\ rad\,.S^{-1}$$

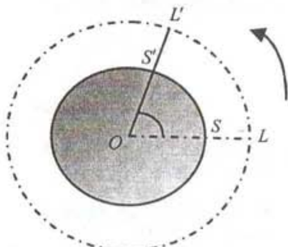
$$\omega_2 = \frac{\upsilon_2}{R+h_2} = \frac{5427}{7{,}2\times10^6} = 1047{,}5\times10^{-6}\ rad\,.S^{-1}$$

و دور حركة كل منها هو:

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{1092{,}86\times10^{-6}} = 5746\ S$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = \frac{2\pi}{1047{,}5\times10^{-6}} = 5995\ S$$

2) لحساب عدد المرات التي يظهر فيها كل من القمرين الصناعيين (L_1) ، (L_2) للمراقب الأرضي نقوم أولا بحساب دوريهما الظاهريين بالنسبة لهذا المراقب (الدور الظاهري للقمر الصناعي هو الزمن الفاصل بين مرورين متتابعين من نفس الشاقول بالنسبة لمراقب موجود في ذلك الشاقول)، مع مراعاة الحالات الممكنة .



ا) للأرض و القمران الصناعيان نفس اتجاه الدوران :
في اللحظة $t = 0$ يكون المراقب الأرضي (S) و القمر الصناعي (L) في نفس الشاقول (OSL) ثم يختفي القمر الصناعي نظرا لسرعته الكبيرة بالنسبة لسرعة الأرض، ليعود و يظهر ثانية للمراقب الأرضي في الوضع (S') خلال دور ظاهري واحد (T_a) عندما يشملها نفس الشاقول من جديد $(OS'L')$. و خلال هذه الفترة تكون الأرض قد دارت زاوية (α) في حين يكون القمر الصناعي قد دار زاوية $\alpha + 2\pi$.

بتطبيق معادلة الحركة الدائرية المنتظمة $(\alpha = \omega t)$ على كل منهما يكون:

$$\alpha = \omega_0 . T_A \ .... (1)$$

$$\alpha + 2\pi = \omega . T_A \ .... (2)$$

بتعويض (1) في (2) نجد $\omega_0 . T_A + 2\pi = \omega\, T_A$. نجد $T_2 = \dfrac{2\pi}{\omega - \omega_0}$

و حيث أن $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$ دور القمر الصناعي حول الأرض،

و $T_0 = \dfrac{2\pi}{\omega_0}$ دور الأرض حول نفسها نحصل أخيرا بالتعويض على العلاقة التالية:

$$T_A = \frac{T\,T_0}{T - T_0}$$

<u>تطبيق عددي :</u>

$T_{A1} = \dfrac{86400\times5747}{86400-5747} = 6156{,}5\ S$ حيث $(T_0 = 24\ h)$

$$T_{A2} = \frac{86400\times5995}{86400-5995} = 6442\ S$$

و عدد المرات التي يظهر فيها (L_1) في اليوم للمراقب الأرضي هو $n_1 = \dfrac{86400}{6156{,}5} \cong 14$

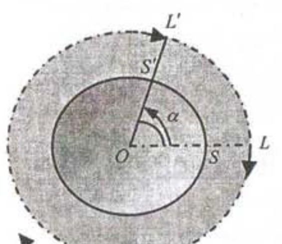
و عدد مرات ظهور (L_2) هو $n_2 = \dfrac{86400}{6442} \cong 13$.

و الزمن الفاصل بين ظهوريهما هو:

$$\Delta t = T_{A2} - T_{A1} = 6442 - 6156{,}5 = 285{,}5\ S$$

ب) دوران الأرض بعكس جهة دوران القمرين الصناعيين :

في هذه الحالة يحدث التطابق الشاقولي عندما تدور الأرض زاوية (α) و يدور القمر الصناعي زاوية $(2\pi-\alpha)$ فيكون:



$$\alpha=\omega_0 \,.\, T_A \text{ .... } (1)$$

$$2\pi-\alpha=\omega \,.\, T_A \text{ .... } (2)$$

من (1) و (2) نحصل على العلاقة التالية:

$$T_A=\frac{T_0\,T}{T+T_0}$$

تطبيق عددي :

$$T_{A1}=\frac{86400\times 5747}{86400+5747}\cong 5388\,S$$

$$T_{A2}=\frac{86400\times 5995}{86400+5995}\cong 5606\,S$$

و عدد مرات ظهور كل منهما في اليوم بالنسبة للمراقب الأرضي هما على الترتيب:

$$n_2=\frac{86400}{5606}\cong 15 \quad ، \quad n_1=\frac{86400}{5388}\cong 16$$

ج) الأرض تدور في اتجاه دوران (L_1) و عكس (L_2) :

ينتج من التدرج السابق أن:

$$T_{A2}=5606\,S \quad ، \quad T_{A1}=5388\,S$$

$$n_2\cong 15 \quad ، \quad n_1\cong 16$$

د) الأرض تدور في اتجاه (L_2) و عكس (L_1) :

يكون:

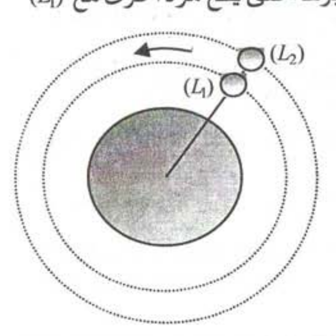
$$T_{A1}=6156{,}5\,S \longrightarrow n_1=14$$

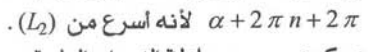
$$T_{A2}\cong 6442\,S \longrightarrow n_2\cong 13$$

3) نميز حالتين:

ا) الحالة الأولى: دوران (L_1) ، (L_2) في نفس الجهة

خلال دور ظاهري واحد (T_A) بالنسبة للمراقب الجوي الموجود في (L_1) ، نفترض أن (L_2) يدور زاوية $(\alpha+2\pi n)$ حيث n عدد الدورات التي ينجزها حتى يقع مرة أخرى مع (L_1) في نفس الشاقول و عندئذ يكون (L_1) قد دار زاوية $\alpha+2\pi n+2\pi$ لأنه أسرع من (L_2) .





و يكون حسب معادلة الدوران العامة $(\alpha=\omega\,.\,t+\alpha_0)$ ما يلي:

$$\omega_1\,T_A=\alpha+2\pi n+2\pi \text{ .... } (1)$$

$$\omega_2\,T_A=\alpha+2\pi n \text{ .... } (2)$$

من (1) و (2) يكون $\omega_1\,T_A=\omega_2\,T_A+2\pi$

ومنه نجد $T_A = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2}$

و بتعويض $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ ، $\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2}$ نجد أخيرا :

$$T_A = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1}$$

عدديا: $T = \frac{5746 \times 5995}{5995 - 5746} \cong 138342\ S \cong 38{,}43\ h$

و لحساب الزاوية التي دارتها الأرض خلال هذه الفترة يكون:

$$86400\ S \longrightarrow 2\pi\ rad$$

$$138342\ S \longrightarrow \alpha$$

$$\alpha = \frac{138342 \times 2\pi}{86400} = 3{,}2\ \pi\ rad$$

ب) الحالة الثانية: (L_2) ، (L_1) دوران باتجاهين متعاكسين

ينتج مما سبق أن $T_A = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$

عدديا:

$$T = \frac{5746 \times 5995}{5746 + 5995} \cong 2934\ S \cong 49\ \text{min}$$

4) ا) استقرار القمر الصناعي (L_1) بالنسبة للأرض

$$T = 24\ h = 86400\ S$$

ومنه: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{86400} = 727 \times 10^{-7}\ rad\ .\ S^{-1}$

$$\upsilon = \omega\,(R + h) = 727 \times 10^{-7} \times 7 \times 10^{6} \cong 509\ m\ .\ S^{-1}$$

ب) يبدو القمر الصناعي ساكنا دوما بالنسبة للمراقب الأرضي لأنهما يقعان دوما على نفس الشاقول نظرا لتساوي سرعتي دورانهما و في جهة واحدة.

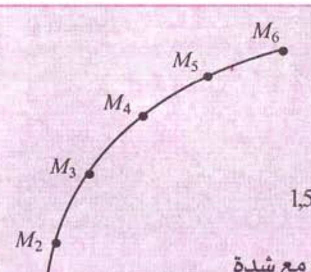
و هذا النوع من الأقمار الصناعية يستعمل في الإرسال الأرضي حتى يبقى مسيطرا على مساحة معينة من الأرض في كل لحظة.

تطبيق 6 دراسة مميزات حركة دائرية بطريقة التصوير

تعطي الوثيقة المرفقة المواقع المتتالية لمركز عطالة جسم أثناء حركته على مسار دائري مركزه (O) خلال فواصل زمنية متساوية و متعاقبة قدرها $\tau = 0{,}20\ S$.

1- ما طبيعة الحركة ؟ علل.

2- علما أن مقياس الرسم هو $1\ Cm \longrightarrow 0{,}4\ m$. استنتج من ذلك:



- السرعة الخطية للحركة و سرعتها الزاوية و دورها و تسارعها.

3- مثل شعاع تغير السرعة $\Delta \vec{v}$ عند النقطة M_3، و احسب شدته و ذلك باستعمال السلم $1,5\,Cm \longrightarrow 2\,m.S^{-1}$

- استنتج عندئذ شدة الشعاع $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ و قارنه مع شدة الشعاع $\vec{a_N}$ المحسوب سابقا.

4- علما أن كتلة المتحرك $m = 200\,g$، احسب شدة محصلة القوى $\vec{F}$ المؤثرة على المتحرك، و مثلها على البيان عند النقاط M_1، M_3، M_5 باستعمال مقياس مناسب للرسم.

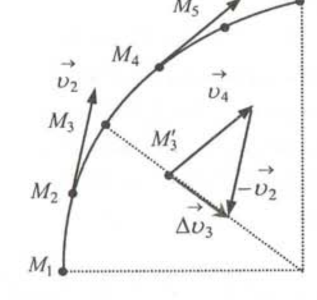
✓ الحل :

1) طبيعة الحركة

بقياس المسافات المتتالية التي يقطعها المتحرك على مساره الدائري خلال الفواصل الزمنية المتساوية و المتعاقبة نجد ما يلي:

$$M_1M_2 = M_2M_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots = M_5M_6 = 1\,Cm = Const$$

فالحركة دائرية منتظمة.



2) حساب الثوابت المميزة للحركة

باستعمال مقياس الرسم نجد أن:

$$\Delta X = 1 \times 0,4 = 0,4\,m$$

فيكون $v = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{\Delta X}{\tau} = \frac{0,4}{0,2} = 2\,m.S^{-1}$

$$r = 3,32 \times 0,4 = 1,328\,m$$

- السرعة الزاوية $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2}{1,328} \approx 1,5\ rad.S^{-1}$

- دور الحركة $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{1,5} = 1,33\ \ S$

- تسارع الحركة $a = a_N = \frac{v^2}{r} = \frac{(2)^2}{1,328} \approx 3\,m.S^{-2}$

3) شعاع تغير السرعة $\Delta \vec{v}$ عند الموقع M_3

$$\Delta \vec{v} = \vec{v_4} - \vec{v_2} = \vec{v_4} + (-\vec{v_2})$$

عند النقطة M_3' الممثلة للنقطة M_3 نرسم مسايرا للشعاع $\vec{v_4}$. و من نهاية هذا الشعاع

نرسم الشعاع $-\vec{v_2}$ المعاكس للشعاع $\vec{v_2}$ فيكون الشعاع $\Delta\vec{v_3}$ من بداية الأول إلى نهاية الثاني و طوله $0,9\ Cm$.

فيكون حسب المقياس:

$$1,5\ Cm \longrightarrow 2\ m.S^{-1}$$

$$0,9\ Cm \longrightarrow \Delta v$$

نجد أن $\Delta v = \frac{0,9 \times 2}{1,5} = 1,2\ m.S^{-1}$ ومنه $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1,2}{0,4} = 3\ m.S^{-2}$

و هذا الشعاع يكون محمولا على قطر المسار و موجها نحو مركزه.

نلاحظ أن $\frac{\Delta v}{\Delta t} = a_N$

4) حساب شدة محصلة القوى $\vec{F}$

من قانون نيوتن الثاني يكون $\vec{F} = m.\vec{a_N}$

محصلة القوى $\vec{F}$ تكون متناسبة مع شعاع التسارع $\vec{a_N}$ و في نفس جهته (نحو مركز المسار). فهي قوة مركزية جاذبة تكون شدتها كما يلي:

$$F = m.a_N = 0,4 \times 2 = 0,8\ N$$

 تأثير دراسة مميزات حركة قمر صناعي حول الأرض - انعدام الوزن

1- يدور قمر صناعي على مدار دائري استوائي حول الأرض على ارتفاع $h = 1600\ Km$ من سطح الأرض، بحيث تكون جهة دورانه هي نفس جهة دوران الأرض.

ا) بين أن الحركة دائرية منتظمة، و استنتج مقدار التسارع المكتسب.

ب) كيف تفسر توازن القمر الصناعي على مداره ؟

- استنتج بتطبيق قانون نيوتن الثاني مقدار السرعة الخطية v لهذا الجسم على مداره.

جـ) احسب دور القمر الصناعي حول الأرض بالنسبة لمعلم مركزي أرضي.

2- في اللحظة $t = 0$ يمر القمر الصناعي من شاقول المدينة (A) التي تقع على المحور (ox) في المعلم الأرضي المركزي (o, x, y) و ذلك في الاتجاه الموجب للدوران.

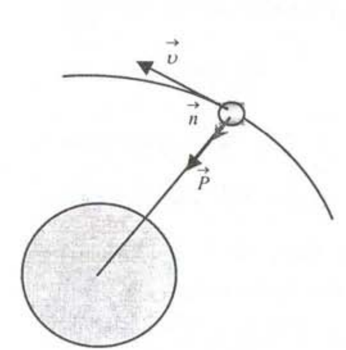
ا) ما هي اللحظة t_1 التي يظهر فيها هذا القمر الصناعي ثانية مارا من الشاقول (A') الذي يشمل نفس المدينة؟

ب) احسب المسافة $\widehat{AA'}$.

جـ) اكتب معادلتي الحركة $x(t)$ ، $y(t)$ اللتان تحددان موقع القمر الصناعي في المعلم الأرضي المركزي بدلالة R ، h ، ω_T (السرعة الزاوية

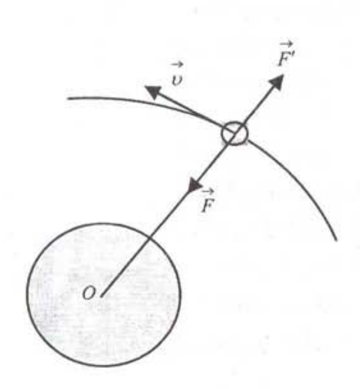
لدوران القمر الصناعي).
3- يوجد بهذا القمر الصناعي رجل فضاء كتلته $m = 80\ Kg$.
- بين تطبيق قانون نيوتن الثاني أن هذا الشخص يفقد وزنه على هذا الارتفاع من سطح الأرض. علل. هل هذا يعني أن ثقله قد أصبح معدوما ؟
يعطى : $R \approx 6400\ Km$ ، $g_0 = 9{,}80\ m.S^{-2}$.

✓ الحل :



1) ا) بتطبيق قانون نيوتن الثاني يكون $\sum \vec{F_i} = m.\vec{a}$
القوة الوحيدة المؤثرة على مركز عطالة القمر الصناعي هي قوة جذب الأرض له $\vec{F} = \vec{P}$
فيكون $\vec{F} = \vec{P} = m.\vec{a}$
و حيث أن حامل هذه القوة يكون هو الشاقول و جهتها نحو مركز الأرض (O) (مركز المسار الدائري) فإنها تكون مركزية جاذبة و يكون التسارع المكتسب ناظميا:
$\vec{F} = m.\vec{a_N}$. بالإسقاط على الناظم $\vec{n}$ يكون $F = m.a_N$
بوضع $F = P = m\,g$ يكون:
$a_N = g$.............(1)
إذا كان g هو تسارع الجاذبية الأرضية على الارتفاع h من سطح الأرض، و g_0 على سطحها فإنه يكون $g = G\dfrac{M_T}{(R+h)^2}$ ، $g_0 = G\dfrac{M_T}{R^2}$
بقسمة g على g_0 نحصل على العلاقة $g = g_0\dfrac{R^2}{(R+h)^2}$

- تطبيق عددي:
$R + h = 6400 + 1600 = 8000\ Km$ ، $R = 6400\ Km$
$a_N = 9{,}80\,(\dfrac{6400}{8000}) = 6{,}272\ m.S^{-2}$



ب) توازن القمر الصناعي على مداره:
يخضع القمر الصناعي على مداره إلى قوة مركزية جاذبة $\vec{F}$ حاملها الشاقول و جهتها نحو مركز الأرض.
و حتى يتزن على مداره فلا بد أن يخضع لقوة أخرى $\vec{F'}$ تعاكس الأولى و تساويها في الشدة تنتج

عن سرعة الدوران تدعى بالقوة الطاردة المركزية، بحيث يكون في معلم ذاتي مرافق للجملة $\vec{F}+\vec{F'}=\vec{0}$

- استنتاج سرعة القمر الصناعي على مداره:

حسب العلاقة المحصل عليها سابقا (1) يكون $a_N = g$

ومنه نجد $\frac{\upsilon^2}{R+h}=g$ نحصل على ما يلي:

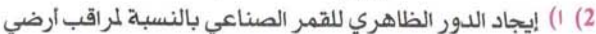
$$\upsilon = \sqrt{g\,(R+h)} = \sqrt{6{,}272\times 8\times 10^6} \approx 7084\,m\,.\,S^{-1}$$

$$\approx 7{,}084\,Km\,.\,S^{-1}$$

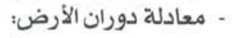
ب) دور القمر الصناعي T بالنسبة لمعلم أرضي مركزي:

$$\omega = \frac{\upsilon}{R+h} \text{ ، } T=\frac{2\pi}{\omega}$$

$$T = 2\pi\times\frac{R+h}{\upsilon} = 2\pi\times\frac{8\times10^6}{7084} = 7092\,S \approx 2\,h$$



2) أ) إيجاد الدور الظاهري للقمر الصناعي بالنسبة لمراقب أرضي

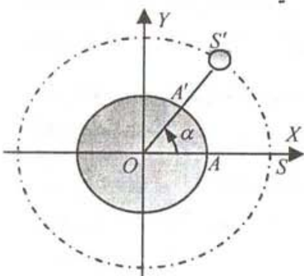


- معادلة دوران الأرض:

$$\theta_T = \omega_T\,.\,t \text{ ....(1)}$$

- معادلة دوران القمر الصناعي:

$$\theta_S = \omega_S\,.\,t \text{ ....(2)}$$



في اللحظة $t=0$ تقع المدينة A و القمر الصناعي S على نفس الشاقول (OX).

القمر الصناعي أسرع بكثير من الأرض:

فعند وقوع القمر الصناعي S' على شاقول المدينة A' ثانية خلال دور ظاهري T_a للقمر الصناعي بالنسبة للأرض، تكون الأرض قد دارت زاوية $\theta=\theta_T$ في حين أن القمر الصناعي يكون قد دار زاوية $\theta_S = 2\pi+\theta_T$ فيكون حسب المعادلتين (1) ، (2) (بوضع $t=T_a$) ما يلي:

$\omega\,T_a = 2\pi + \omega_0\,T_a$. ومنه نجد

$$T_a = \frac{2\pi}{\omega-\omega_0}$$

بوضع $\omega_T = \frac{2\pi}{T_T}$ دور حركة الأرض في المعلم الأرضي المركزي، و $\omega_S=\frac{2\pi}{T_S}$ دور القمر الصناعي في هذا المعلم. يكون

$$T_a = \frac{T_T\,T_S}{T_T - T_S}$$

- تطبيق عددي:

$$T_S \approx 2\,h \text{ ، } T_T = 24\,h$$

$$T_a = \frac{24\times 2}{24-2} = 2{,}18\,h \approx 7848\,S$$

ب) حساب المسافة

$$\overset{\frown}{AA'} = \theta_T \,.\, R = \omega_T \,.\, T_a \,.\, R = \frac{2\pi}{T_T} \,.\, T_a \,.\, R$$

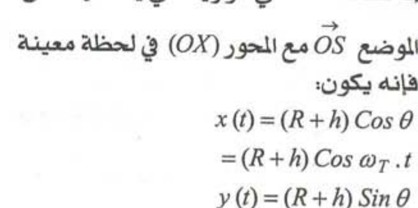
$$= \frac{2\pi}{24} \times 2{,}18 \times 6400 \approx 3651\ Km$$

ج) معادلتا الحركة في المعلم الأرضي المركزي $(o\,,x\,,y)$:

إذا كانت θ هي الزاوية التي يصنعها شعاع

الموضع $\overrightarrow{OS}$ مع المحور (OX) في لحظة معينة

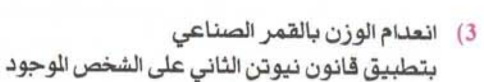
فإنه يكون:



$$x(t) = (R+h)\ Cos\ \theta$$
$$= (R+h)\ Cos\ \omega_T \,.\, t$$
$$y(t) = (R+h)\ Sin\ \theta$$
$$= (R+h)\ Sin\ \omega_T\ t$$

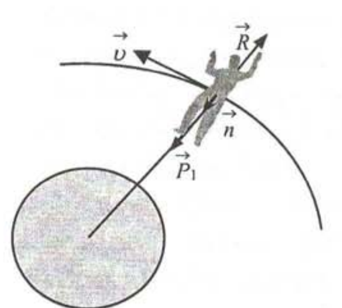
3) انعدام الوزن بالقمر الصناعي

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الشخص الموجود



داخل القمر الصناعي الذي يخضع لقوة ثقله $\overrightarrow{P_1}$ و رد فعل أرضية القمر الصناعي عليه $\overrightarrow{R}$

يكون:



$\overrightarrow{P_1} + \overrightarrow{R} = m_1 \,.\, \overrightarrow{a_N}$. بالإسقاط على الناظم نجد

$P_1 - R = m_1\, a_N$. ومنه

$$R = m\,(g - a_N)$$

و حيث أن تسارع الجملة هو $a_N = g$

(حسب العلاقة السابقة (1)) فإنه يكون:

$$R = m\,(g - g) = 0$$

فرد فعل أرضية القمر الصناعي على الشخص الموجود بداخله يكون معدوما. و هذا يعني حسب قانون نيوتن (الثالث) أن هذا الشخص قد فقد ثقله.

و هذا الشعور يكون ظاهريا فقط بسبب التسارع

فثقل الشخص الحقيقي هو:

$$P = m_1\, g = 80 \times 6{,}272 \approx 502\ N$$

تمارين و مسائل

1 - ا) هل يتعلق شعاع التسارع $\vec{a}$ لحركة مركز عطالة جسم موجود في حقل التجاذب الأرضي بكتلة الجسم ؟ علل.

ب) عند دوران قمر صناعي في مدار دائري حول الأرض، هل تزداد سرعته على مداره بزيادة طول نصف قطر المدار أم بنقصانه ؟

جـ) كيف تفسر عدم تسرب الماء من إناء مفتوح و مقلوب عندما نديره في مستوى شاقولي بسرعة كبيرة ؟

---

2 * - يبلغ نصف قطر الأرض القيمة $6400\ Km$ تقريبا.

1- إذا كانت شدة الجاذبية الأرضية $\vec{g}$ على سطح الأرض هي $g = 9{,}81\ m.S^{-2}$

ا) اعط علاقة الجاذبية g على ارتفاع (Z) من سطح الأرض بدلالة g_0 على سطح الأرض، ثم بين أن $g = f(Z)$ دالة خطية من أجل Z أصغر من نصف قطر الأرض كفاية.

ب) استنتج شدة الجاذبية g على ارتفاع $Z = 500\ Km$.

2- احسب كتلة الأرض إذا علمت أن ثابت التجاذب الكوني $G = 6{,}67\times10^{-11}\ u$.

الجواب :

1- ا) $g = -\frac{2g_0}{R}Z + g_0$

ب) $g \cong 8{,}28\ m.S^{-2}$

2- $m' \cong 6\times10^{24}\ Km$

---

3 * - يدور قمر صناعي حول الأرض بحركة دائرية منتظمة على ارتفاع $600\ Km$ من سطحها.

1- إذا كانت $g \cong 9{,}80\ m.S^{-2}$ شدة الجاذبية على سطح الأرض فأوجد:

ا) تسارع القمر الصناعي على مداره.

ب) سرعته على مداره، و دور حركته حول الأرض بالنسبة لمعلم أرضي مركزي.

2- إذا كانت كتلة هذا القمر الصناعي $200\ Kg$ فاحسب:

ا) ثقله على الارتفاع المذكور.

ب) شدة قوة التجاذب بينه و بين الأرض (كتلتها $6\times10^{24}\ Kg$). ماذا تستنتج ؟

(يعطى ثابت التجاذب الكوني $G = 6{,}67\times10^{-11}\ u$ ، و نصف قطر الأرض $6400\ Km$).

الجواب :

1 - ا) $a = 8{,}19\, m . S^{-2}$ ب) $\upsilon_0 = 7572\, m . S^{-1}$

2 - ا) $P = 1638\, N$ ب) $F = 1634\, N$

---

4 ** 1- في أية نقطة من الفضاء المحيط بالأرض تكون شدة حقل التجاذب الأرضي مساويا $0{,}22\, m . S^{-2}$ ؟ ($G = 6{,}67 \times 10^{-11} u$ ، $R = 6400\, Km$).

2- ما هو الثقل الذي يشعر به رجل فضاء كتلته $80\, Kg$ موجود على ذلك الارتفاع في قمر صناعي يدور حول الأرض بحركة دائرية منتظمة ؟ ما هي قوة جذب الأرض لهذا الرجل ؟

3- إذا كان هذا القمر الصناعي مستقرا بالنسبة للأرض فما هو الزمن اللازم كي تشغل المدينة (A) موضع المدينة (B) ، حيث يكون البعد بينهما على سطح الأرض مساويا $5000\, Km$ ؟

الجواب :

1 - $h = 36000\, Km$ بالنسبة لسطح الأرض.

2 - $P_A = 0$ ، $F = 17{,}6\, N$

3 - $\Delta t = 3\, h$

---

5 - احسب السرعة الزاوية للعقارب الثلاثة للساعة.



الجواب :

$0{,}10\, rad . S^{-1}$ ، $174 \times 10^{-5}\, rad . S^{-1}$ ، $145 \times 10^{-6}\, rad . S^{-1}$



6 * - تعطى حركة نقطة مادية (M) في مستوى $(O, \vec{i}, \vec{j})$ بـ:

$x = 2\, Sin\, 100\, \pi\, t$ ، $y = 2\, Sin\, (100\, \pi\, t + \frac{\pi}{2})$

ا) ما نوع الحركة على كل محور ؟ أوجد تواتر الحركة و دورها.

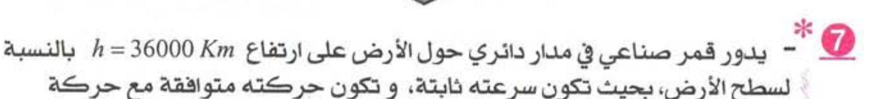
ب) برهن أن حركة النقطة المادية المعرفة هكذا هي دائرية منتظمة. أوجد نصف قطر المسار و السرعة الزاوية لحركة.

الجواب :



ا) $N = 30\, T . S^{-1}$ ، $T = 0{,}02\, S$

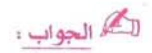
ب) $x^2 + y^2 = 4$ ، $r = 2$ ، $\omega = 100\, \pi\, rad . S^{-1}$



7 * - يدور قمر صناعي في مدار دائري حول الأرض على ارتفاع $h = 36000\, Km$ بالنسبة لسطح الأرض، بحيث تكون سرعته ثابتة، و تكون حركته متوافقة مع حركة

الأرض (اي أنه يبدو ثابتا بالنسبة للأرض).

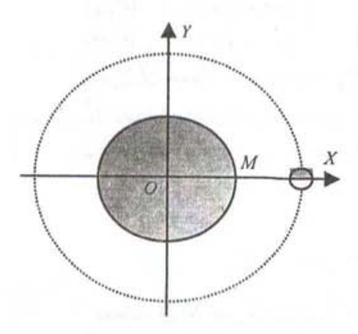
- احسب السرعة الخطية υ لهذا القمر الصناعي أثناء دورانه (نصف قطر الأرض $6400\ Km$).



$\upsilon = 3{,}08\ K.h^{-1}$

---

8 ***- نعتبر الأرض كروية الشكل نصف قطرها $R = 6400\ Km$ و مركزها (O)



و نزودها بمعلم $(O, \vec{i}, \vec{j})$ مركزي مركزه هو مركز الأرض.

ليكن (M) مراقب أرضي موجود في نقطة من خط الاستواء. و ليكن (L) قمر صناعي يدور على ارتفاع معين (h) من سطح الأرض في مدار دائري استوائي مركزه مركز الأرض بحيث تكون حركته دائرية منتظمة. في اللحظة $t = 0$ يمر هذا القمر الصناعي بشاقول المراقب الأرضي (M) .

I- الأرض و القمر الصناعي يدوران بجهة واحدة.

1- ا) كم يجب أن يكون دور القمر الصناعي حول الأرض بالنسبة للمعلم المركزي حتى يبقى مستقرا بالنسبة للمراقب الأرضي ؟

ب) على أي ارتفاع (h) يجب أن يدور هذا القمر الصناعي حتى يتحقق هذا الشرط ؟

جـ) اكتب معادلة الدوران $\theta = f\ (t)$ لكل من الأرض و القمر الصناعي في علم المذكور.

2- يدور القمر الصناعي (L) الآن حول الأرض بحيث يكون دوره هو 4 ساعات.

ا) ما هو الدور الظاهري T_A لهذا القمر الصناعي بالنسبة للمراقب الأرضي (M) .
(الزمن الفاصل بين مرورين متتابعين من نفس شاقول المراقب الأرضي).

ب) ما هي الزاوية (θ) لتي تكون الأرض قد دارتها حينئذ ؟

II - الأرض و القمر الصناعي يدوران في اتجاهين متعاكسين.

1- إذا كان دور القمر الصناعي حول الأرض هو نفس دور الأرض حول نفسها.

- ما هي اللحظة (t) التي يبدو فيها القمر الصناعي مرة أخرى للمراقب الأرضي ؟

2- دور القمر الصناعي حول الأرض بالنسبة للمعلم المركزي هو $T_L = 4\ h$.

ا) ما هو الدور الظاهري T_A لهذا القمر الصناعي بالنسبة للمراقب الأرضي ؟

ب) ما هي الزاوية (θ) التي تكون الأرض قد دارتها حينئذ ؟



I - 1 - ا) $T = 24\ h$

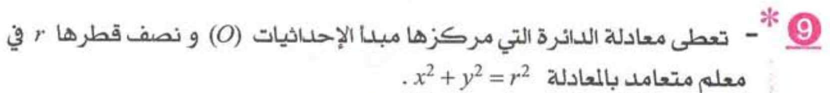
ب) $h = 36000\ Km$

جـ) $\theta = 72{,}68 \times 10^{-6}\ t$

2- ا) $T_A \cong 4\,h\,47\min$ ب) $\theta \cong 72°$

II-1- $t = 12\,h$

2- ا) $T_A \cong 3\,h\,26\min$ ب) $\theta \cong 51°$



9 * - تعطى معادلة الدائرة التي مركزها مبدأ الإحداثيات (O) و نصف قطرها r في معلم متعامد بالمعادلة $x^2 + y^2 = r^2$.

1- تتحرك نقطة مادية M في مستوى المعلم المذكور حسب المعادلتين:

$$\begin{cases} x = 2\,Cos\,\alpha & (Cm) \\ y = 2\,Sin\,\alpha & (Cm) \end{cases}$$

ا) بين أن مسار هذه النقطة يكون دائريا، اعط نصف قطره r .

ب) علما أن هذه الحركة تتم بسرعة ثابتة قدرها $20\,Cm\,.\,S^{-1}$ ، و أن α تمثل معادلة الدوران $\alpha = f\,(t)$. أوجد موقع المتحرك في اللحظة $t = 0$ ، و استنتج معادلة الدوران.

الجواب :

$\alpha = 10\,t$

---

10 * - تستغرق الأرض لإنجاز دورة كاملة حول الشمس زمنا قدره $3{,}16 \times 10^7\,S$ و ترسم أثناء ذلك مسارا دائريا تقريبا نصف قطره المتوسط $R = 1{,}5 \times 10^8\,Km$.

- احسب سرعة مركز الأرض خلال هذه الحركة مقدرة بوحدة $Km\,.\,h^{-1}$.



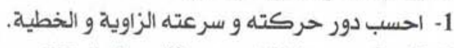
الجواب :

$V = 10800\,Km\,.\,h^{-1}$

---

11 ** - متحرك (M) على مسار دائري نصف قطره $(2\,m)$ بحركة منتظمة، حيث يستغرق $10\,S$ لإنجاز دورتين كاملتين، و هذا انطلاقا من النقطة M_0 المبينة بالشكل و التي تعتبر مبدأ الأزمنة و الفواصل.

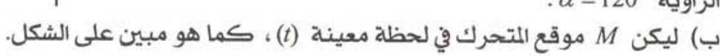
1- احسب دور حركته و سرعته الزاوية و الخطية.



2-ا) اكتب معادلة الدوران $\alpha\,(t)$ ، ثم استنتج اللحظة (t_1) التي يمسح فيها نصف القطر الدائر الزاوية $\alpha = 120°$.

ب) ليكن M موقع المتحرك في لحظة معينة (t) ، كما هو مبين على الشكل.

- أوجد في المعلم الديكارتي (OXY) إحداثيي النقطة $M\,(X,Y)$ بدلالة الزمن.



3- بين على الشكل موقعي المتحرك M_1 ، M_2 في اللحظتين $(t_1\,,t_2)$ على الترتيب حيث $t_1 = \frac{T}{4}\,S$ ، $t_2 = \frac{T}{2}\,S$ ، ثم استنتج طويلة كل من شعاعي الموضع و السرعة الوسطى بين اللحظتين المذكورتين.

4- احسب السرعة الوسطى بين اللحظتين $t_1 = 0$ ، $t_2 = \frac{T}{8} S$

بين اعتمادا على هذه النتيجة أن السرعة اللحظية للمتحرك في اللحظة $t = \frac{T}{16} S$ هي $V = 2{,}5\, m . S^{-1}$. (حيث T هو دور الحركة).

الجواب :

1- $V = 2{,}5\, m . S^{-1}$ ، $\omega = \frac{2}{\pi} rad . S^{-1}$ ، $T = 5 S$

2- أ) $t_1 = \frac{5}{3} S$ ، $\alpha = \frac{2\pi}{5} t$

ب) $Y = 2 \, Sin \frac{2\pi}{5} t$ ، $X = 2 \, Cos \frac{2\pi}{5} t$

3- $\left\| \vec{V_m} \right\| = 2{,}5\, m . S^{-1}$ ، $\left\| \overrightarrow{M_1 M_2} \right\| = 2\sqrt{2}\, m$

4- $V_m = V = 2{,}5\, m . S^{-1}$

---

⑫ *

- يمثل الشكل تصويرا متعاقبا لمواقع جسم نقطي و هو يتحرك انطلاقا من النقطة M_1 خلال مجالات زمنية متساوية قدرها $\tau = 0{,}10\, S$

M_1 M_2 M_3 M_4 M_5 M_6 M_7 M_8 M_9 M_{10} M_{11} M_{12} M_{13} M_{14} M_{15} M_{16}

1- هل يخضع الجسم لقوة معينة ؟

2- ما هي سرعة حركة هذا الجسم

3- باختيار معلم مناسب، أوجد معادلة الدوران $\theta = f\,(t)$ في شروط اختيارية يطلب تحديدها.

4- مثل في اللحظتين $t_1 = 0{,}4\, S$ ، $t_2 = 0{,}8\, S$ شعاعي السرعة.

5- استنتج شدة شعاع السرعة الوسطى بين اللحظتين (t_1 , t_2) . ماذا تلاحظ ؟

---

⑬ **

- في نقطة من خط الاستواء، يراقب إنسان قمرا صناعيا يدور حول الأرض في مدار دائري استوائي بسرعة ثابتة، بحيث تكون جهة دورانه بعكس جهة دوران الأرض. و يبدو هذا القمر الصناعي لهذا الإنسان مرة كل $12\, h$. فإذا علمت أن الارتفاع الذي يدور عليه هذا القمر الصناعي بالنسبة لسطح الأرض هو $h = 6400\, Km$. فأوجد:

1- السرعة الخطية (υ) التي يتحرك بها هذا القمر الصناعي على مداره.

2- الدور الظاهري للقمر الصناعي بالنسبة للشخص المذكور، فيما لو فرضنا أن جهة دورانه تكون بجهة دوران الأرض.

الجواب :

1- $\upsilon = 3{,}08\ Km.S^{-1}$

2- $T_A = 0$

14 ** 1- اعط عبارة السرعة الخطية (υ) لقمر صناعي يدور على مدار دائري حول الأرض بحركة دائرية منتظمة.

2- نسمي بالسرعة الكونية الأولى $(\vec{\upsilon_0})$ السرعة التي ينبغي أن يقذف بها قمر صناعي قريب من سطح الأرض حتى يصبح تابعا لها، يرسم مسارا دائريا حولها و على ارتفاع ضئيل بالنسبة لنصف قطر الأرض.

3- بأخذ $R = 6350\ Km$ نصف قطر الأرض، احسب مقدار υ ، ثم استنتج دور هذا القمر الصناعي حول الأرض. (تؤخذ $g = 9{,}8\ m.S^{-2}$).

الجواب :

1- $\upsilon = R\sqrt{\dfrac{g_0}{R+h}}$

2- $\upsilon = 7800\ m.S^{-1}$ ، $T = 90\ \text{min}$

---

15 *** - كتلة نقطية m قيمتها $100\ g$ مثبتة في نهاية نابض مرن (S) ثابت مرونته $K = 100\ N.m^{-1}$. تؤخذ $g = 9{,}80\ m.S^{-2}$ على سطح الأرض.

1- تثبت الجملة السابقة في مقصورة صاروخ كتلته الإجمالية لحظة الإطلاق $m_0 = 100\ T$ يتسارع لحظة الانطلاق بالتسارع $a = 14{,}4\ m.S^{-2}$.

ا) احسب استطالة النابض قبل إقلاع الصاروخ .

ب) احسب الثقل الظاهري للكتلة النقطية (m) خلال هذه المرحلة و استنتج مقدار استطالة النابض و كذلك شدة القوة المحركة للصاروخ إذا أهملت مقاومة الهواء.

2- على ارتفاع معين h من سطح الأرض، يتمكن هذا الصاروخ من وضع مركبة فضائية في مدار دائري حول الأرض، بحيث تكون حركتها دائرية منتظمة. و لمعرفة خصائص هذه الحركة، ترصد على سطح الأرض بواسطة محطة أرضية (A) تقع على خط الاستواء، حيث تسجل مرور هذا القمر الصناعي فوقها 12 مرة في اليوم. فإذا كان اتجاه دوران الأرض في نفس جهة دوران هذا القمر الصناعي. المطلوب:

ا) إيجاد دور القمر الصناعي بالنسبة لـ :

- معلم أرضي مرتبط بالمحطة (A) .
- معلم مركزي أرضي.

ب) استنتج :

- مقدار الارتفاع (h) الذي يدور عليه.
- سرعة القمر الصناعي على مداره بالنسبة لمعلم أرضي مركزي.

- شدة الجاذبية الأرضية g على هذا الارتفاع.

3- بفرض أن الكتلة النقطية السابقة (m) مثبتة بالنابض (S) و هو معلق في مقصورة هذا القمر الصناعي أثناء دورانه. المطلوب:

ا) تسارع الكتلة (m)، ثقلها على هذا الارتفاع. ماذا يكون ثقلها الظاهري ؟

ب) مقدار استطالة النابض.

4- نفترض الآن أن إحدى المركبات الفضائية تتجه نحو القمر الذي يبعد عن الأرض مسافة $d = 3,84 \times 10^8 \ m$. فإذا كانت كتلة الأرض أكبر من كتلة القمر بـ 81 مرة

- في أية نقطة من الفضاء (E) يصبح حقل التجاذب الأرضي مماثلا لحقل تجاذب القمر؟

5- عندما تصبح المركبة الفضائية في النقطة (E) :

ا) ماذا يصبح ثقل المركبة ؟ هل هذا يعني أنها فقدت وزنها ؟

ب) ماذا يصبح توتر النابض السابق (S) في الحالتين :

- المركبة متوقفة في النقطة (E) .

- المركبة تتحرك بسرعة ثابتة في النقطة (E) متوجهة نحو القمر.

يعطى نصف قطر الأرض $R = 6400 \ Km$.

الجواب :

1- ا) $\Delta l = 0,98 \ Cm$

ب) $P_A = 2,42 \ N$ ، $\Delta l = 2,42 \ Cm$ ، $F_m = 24,2 \times 10^5 \ N$

2- ا) $T_1 = 2 \ h$ ، $T_2 = 6646 \ S$

ب) $h = 1260 \ Km$ ، $\upsilon = 7239 \ m.S^{-1}$ ، $g = 6,84 \ m.S^{-2}$

3- ا) $a = 6,84 \ m.S^{-2}$ ، $P = 0,684 \ N$ ، $P_A = 0$

ب) $\Delta l = 0$

4- ا) $3,46 \times 10^8 \ m$ بالنسبة لسطح الأرض.

ب) $P = 0$ ، $T = 0$

---

16 ** - يبين الشكل المرفق في مواضع متحرك M على مسار منحن خلال فواصل زمنية متساوية و متعاقبة $(\tau = 0,10 \ S)$ انطلاقا من النقطة M_0 مبدأ الفواصل و الأزمنة.

M_4 M_3 M_2 M_1 M_0

1- هل هذه الحركة منتظمة ؟ علل .

- هل يخضع المتحرك إلى قوة معينة أثناء هذه الحركة ؟

2- احسب السرعات اللحظية عند النقاط M_1 ، M_2 ، M_3 .

3- باستعمال المقياس :

$2 \ Cm \longrightarrow 17,5 \ Cm.S^{-1}$.

- مثل عند النقطتين M_1 ، M_3 شعاعي السرعة اللحظية $\vec{v_1}$ ، $\vec{v_3}$ ، ثم استنتج تمثيلا شعاعيا لتغير شعاع السرعة $\Delta \vec{v_2}$ عند النقطة M_2.

- اعط حينئذ شدة الشعاع $\Delta \vec{v_3}$ ، و ارسم شعاع القوة $\vec{F}$ عند هذه النقطة.

ما العلاقة بين حاملي الشعاعين ؟

4- بالاعتماد على النتائج السابقة، و استعمال السلم:

$1\,Cm \longrightarrow 0{,}05\,S^{-1}$ ، $1\,Cm \longrightarrow 4\,Cm.S^{-1}$

ارسم مخطط السرعة $v = f(t)$ ،

و استنتج من البيان v_0 عند اللحظة $t = 0$.

5- لتكن الدالة $v = at + b$ هي معادلة بيان السرعة المحصل عليه:

- استنتج عندئذ قيمتي الثابتين a ، b ، و ما هو المعنى الفيزيائي لهما ؟

الجواب :

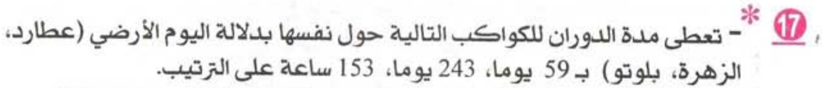
2- $v_1 = 12{,}5\,Cm.S^{-1}$ ، $v_2 = 17{,}5\,Cm.S^{-1}$

$v_3 = 22{,}5\,Cm.S^{-1}$

3- $\Delta v_3 = 17{,}4\,Cm.S^{-1}$

4- $v_0 = 7{,}5\,Cm.S^{-1}$

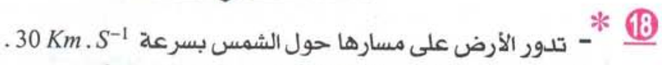
5- $a = 50\,Cm.S^{-2}$ ، $b = v_0$



17 * - تعطى مدة الدوران للكواكب التالية حول نفسها بدلالة اليوم الأرضي (عطارد، الزهرة، بلوتو) بـ 59 يوما، 243 يوما، 153 ساعة على الترتيب.

1- كم دورة تدور الزهرة حول نفسها، عندما يدور عطارد دورة واحدة ؟

2- كم دورة يدور بلوتو حول نفسه، عندما تدور الأرض دورة واحدة ؟



18 * - تدور الأرض على مسارها حول الشمس بسرعة $30\,Km.S^{-1}$.

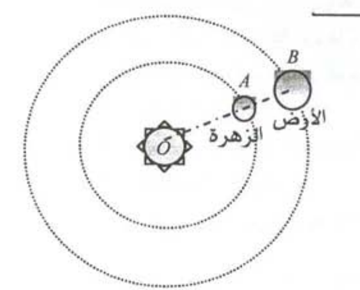
1- ما هي المسافة التي تقطعها الأرض في اليوم الواحد ؟

2- ما هي المسافة التي تقطعها الأرض في الفصل الواحد ؟

3- ما هي المسافة التي تقطعها الأرض في السنة الواحدة ؟

---

19 *** - تدور كل من الأرض و الزهرة حول الشمس خلال سنة شمسية واحدة، و 0,615 سنة شمسية على الترتيب.



1- احسب السرعتين الزاويتين للكوكبين ω_1 و ω_2.

2- نعتبر أنه في اللحظة $t = 0$ ، يمر الكوكبان

من نفس الشاقول (OAB) في نفس الاتجاه، و من نفس المبدأ.

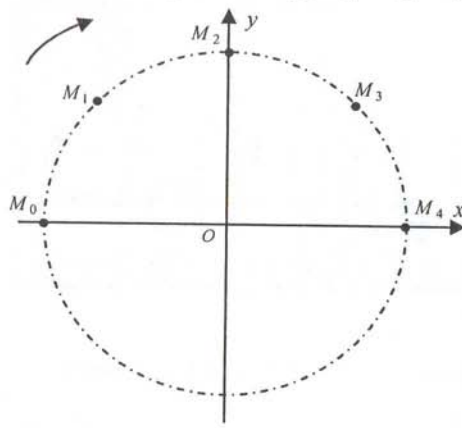
ا) اكتب معادلتي الحركة $\theta_1(t)$ ، $\theta_2(t)$

للزهرة و الأرض على الترتيب، بدلالة السرعتين الزاويتين ω_1 و ω_2 .

ب) بين ان الزمن اللازم كي يمر الكوكبان مرة ثانية من نفس الشاقول ، يعطى بالعلاقة $t = \dfrac{2\pi}{\omega_2 - \omega_1}$

---

20 ** - ترصد حركة نقطة مادية (M) على مسار دائري، نصف قطره $r = 5\,Cm$ و مركزه (O) خلال فواصل زمنية متساوية و متعاقبة $\tau = 0{,}125\,S$ و هي مارة بالأوضاع $M_0, M_1, M_2, ...$ كما يبينه الشكل المرفق.



M_0 هي مبدأ الفواصل المنحنية على المسار الموافق لمبدأ الأزمنة.

1- استنتج طبيعة الحركة، و احسب سرعتها الخطية.

2- أوجد بين اللحظتين $t_1 = 0{,}25\,S$ ، $t_2 = 0{,}5\,S$ شعاع الانتقال واحسب طويلته.

ثم أوجد بين اللحظتين المذكورتين شدة كلا من: شعاعي السرعة الوسطى و التسارع الوسطي و طويلتيهما و حدد جهتيهما.

3- اكتب معادلتي الحركة $X(t)$ ، $Y(t)$ لحركة النقطة المادية (M) على المحورين الإحداثيين.



كلمة الناشر

كنا طلبة ... و كانت الكتب العلمية تأتينا من الخارج ....
كنا نتسابق لشرائها من المكتبات بلهفة و شوق ... و أشد لهفتنا كانت على الكتب الفيزياء و الرياضيات التي تحمل أصعب التمارين والمسائل ... و كنا نبحث عن الجديد ... فأحببنا الكتاب و أحببنا الجديد.

لهذا كانت سلسلة الجديد في " ... " هي الأولى في مجموعات الكتب التي نأمل أن نصدرها للتعليم المتوسط و الثانوي والجامعي و قد أصدرنا البعض منها في الفيزياء و الكيمياء والعلوم و الرياضيات و الأدب ، و إنها ستكون " إنشاء الله " من أبرز الكتب في الساحة العلمية حتى على مستوى الوطن العربي .

ومع أن هذا الكلام حق ، فإنني أحمد الله سبحانه و تعالى أن يصادف خروج هذه السلسلة انبثاق فجر الآمال في أن تسترد الجزائر حياتها الغالية — حياة الشهداء — و أن تهتدي بهدي نبينا الأعظم صلى الله عليه و سلم و تستعيد سيرة أبي بكر وعمر ... آمين .

كريطوس بوجمعة

رقم الإيداع القانوني: 1191-2007 ردمك: 4-48-894-9961-978

الثمن: 340 دج